

第 5 章



PROFIBUS-DP 现场总线

PROFIBUS(Process Fieldbus)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。它广泛应用于制造业自动化,流程工业自动化和楼宇、交通、电力等自动化领域。

本章讲述了如下内容:

- (1) 对 PROFIBUS 进行了概述,介绍了其在工业自动化中的重要性和基本功能。
- (2) 深入讨论了 PROFIBUS 的协议结构,包括 PROFIBUS-DP(用于分布式 I/O)、PROFIBUS-FMS(用于场景管理系统)以及 PROFIBUS-PA(用于过程自动化)的协议结构。
- (3) 讲述了 PROFIBUS-DP 现场总线系统,包括其版本、系统组成、总线访问控制以及系统的工作过程。
- (4) 讲述了 PROFIBUS-DP 的通信模型,包括物理层、数据链路层和用户层,以及用户接口的细节。
- (5) 探讨了 PROFIBUS-DP 的总线设备类型和数据通信,包括设备类型、设备间的数据通信以及设备描述(GSD)文件的作用。
- (6) 介绍了用于 PROFIBUS 通信的专用集成电路(ASIC),包括 DPC31、SPC3 和 ASPC2 等从站和主站通信控制器。
- (7) 详细讲述了 PROFIBUS-DP 从站通信控制器 SPC3,包括其功能、引脚说明、存储器分配以及接口细节。
- (8) 介绍了主站通信控制器 ASPC2 和网络接口卡(如 CP5611),提供了主站通信控制器与网络接口卡的详细介绍。
- (9) 详述了 PROFIBUS-DP 从站的设计,包括硬件设计和软件设计,为从站设备的开发提供了具体的指导。

本章为读者提供了深入了解 PROFIBUS-DP 现场总线技术的全面资料,从基本概念到详细的技术规范,再到系统设计和实现,旨在帮助读者掌握 PROFIBUS-DP 技术,以便在工业自动化领域有效地应用这一重要的通信协议。

5.1 PROFIBUS 概述

PROFIBUS 技术的发展经历了如下过程：

- 1987 年由德国 SIEMENS 公司等 13 家企业和 5 家研究机构联合开发；
- 1989 年成为德国工业标准 DIN19245；
- 1996 年成为欧洲标准 EN50170 V. 2 (PROFIBUS-FMS-DP)；
- 1998 年 PROFIBUS-PA 被纳入 EN50170 V. 2；
- 1999 年 PROFIBUS 成为国际标准 IEC 61158 的组成部分 (TYPE III)；
- 2001 年成为中国的机械行业标准 JB/T 10308. 3—2001。

PROFIBUS 由以下 3 个兼容部分组成。

PROFIBUS-DP: 用于传感器和执行器级的高速数据传输，它以 DIN19245 的第一部分为基础，根据其所需要达到的目标对通信功能加以扩充，DP 的传输速率可达 12Mb/s，一般构成单主站系统，主站、从站间采用循环数据传输方式工作。

其设计目的是用于设备一级的高速数据传输。在这一级，中央控制器（如 PLC/PC）通过高速串行线同分散的现场设备（如 I/O、驱动器、阀门等）进行通信，同这些分散的设备进行数据交换多数是周期性的。

PROFIBUS-PA: 对于安全性要求较高的场合，制定了 PROFIBUS-PA 协议，这由 DIN19245 的第四部分描述。PROFIBUS-PA 具有本质安全特性，它实现了 IEC 1158-2 规定的通信规程。

PROFIBUS-PA 是 PROFIBUS 的过程自动化解决方案，PA 将自动化系统和过程控制系统与现场设备，如压力、温度和液位变送器等连接起来，代替了 4~20mA 模拟信号传输技术，在现场设备的规划、敷设电缆、调试、投入运行和维修等方面可节约成本 40%，并大大提高了系统功能和安全可靠，因此 PROFIBUS-PA 尤其适用于石油、化工、冶金等行业的过程自动化控制系统。

PROFIBUS-FMS: 其设计目的是完成车间一级通用性通信任务，FMS 提供了大量的通信服务，用于完成以中等传输速率进行的循环和非循环的通信任务。由于它是完成控制器和智能现场设备之间的通信以及控制器之间的信息交换，因此它考虑的主要是系统的功能而不是系统响应时间，应用过程通常要求的是随机的信息交换（如改变设定参数等）。强有力的 FMS 服务向人们提供了广泛的应用范围和更大的灵活性，可用于大范围 and 复杂的通信系统。

为了满足苛刻的实时要求，PROFIBUS 协议具有如下特点：

- (1) 不支持长信息段 > 235B (实际最大长度为 255B，数据最大长度 244B，典型长度

120B)。

(2) 不支持短信息组块功能。由许多短信息组成的长信息包不符合短信息的要求,因此,PROFIBUS 不提供这一功能(实际使用中可通过应用层或用户层的制定或扩展来克服这一约束)。

(3) 不提供由网络层支持运行的功能。

(4) 除规定的最小组态外,根据应用需求可以建立任意的服务子集。这对小系统(如传感器等)尤其重要。

(5) 其他功能是可选的,如口令保护方法等。

(6) 网络拓扑是总线型,两端带终端器或不带终端器。

(7) 介质、距离、站点数取决于信号特性,如对屏蔽双绞线,单段长度小于或等于 1.2km,不带中继器,每段 32 个站点(网络规模:双绞线,最大长度 9.6km;光纤,最大长度 90km;最大站数,127 个)。

(8) 传输速率取决于网络拓扑和总线长度,从 9.6kb/s 到 12Mb/s 不等。

(9) 可选第二种介质(冗余)。

(10) 在传输时,使用半双工、异步、滑差(Sliple)保护同步(无位填充)。

(11) 报文数据的完整性,通过几种方法来保证:首先,使用海明距离 $HD=4$ 的编码技术提高数据传输的可靠性,即使在有噪声的环境中也能确保数据不易出错。其次,通过同步滑差检查来防止数据在传输过程中的错位。最后,使用特殊序列来标记数据的开始和结束,避免数据丢失或错误增加。这些措施共同确保了数据传输的高度完整性和准确性。

(12) 地址定义范围为 $0\sim 127$ (对广播和群播而言,127 是全局地址),对区域地址、段地址的服务存取地址(服务存取点 LSAP)的地址扩展,每个 6bit。

(13) 使用两类站:主站(主动站,具有总线存取控制权)和从站(被动站,没有总线存取控制权)。如果对实时性要求不苛刻,那么最多可用 32 个主站,总站数可达 127 个。

(14) 总线存取基于混合、分散、集中 3 种方式:主站间用令牌传输,主站与从站之间用主-从方式。令牌在由主站组成的逻辑令牌环中循环。如果系统中仅有一个主站,则不需要令牌传输。这是一个单主站-多从站的系统。最小的系统配置由一个主站和一个从站或两个主站组成。

(15) 数据传输服务有两类。

① 非循环的:有/无应答要求的发送数据;有应答要求的发送和请求数据。

② 循环的(轮询):有应答要求的发送和请求数据。

PROFIBUS 广泛应用于制造业自动化,流程工业自动化和楼宇、交通、电力等其他自动化领域,PROFIBUS 的典型应用如图 5-1 所示。

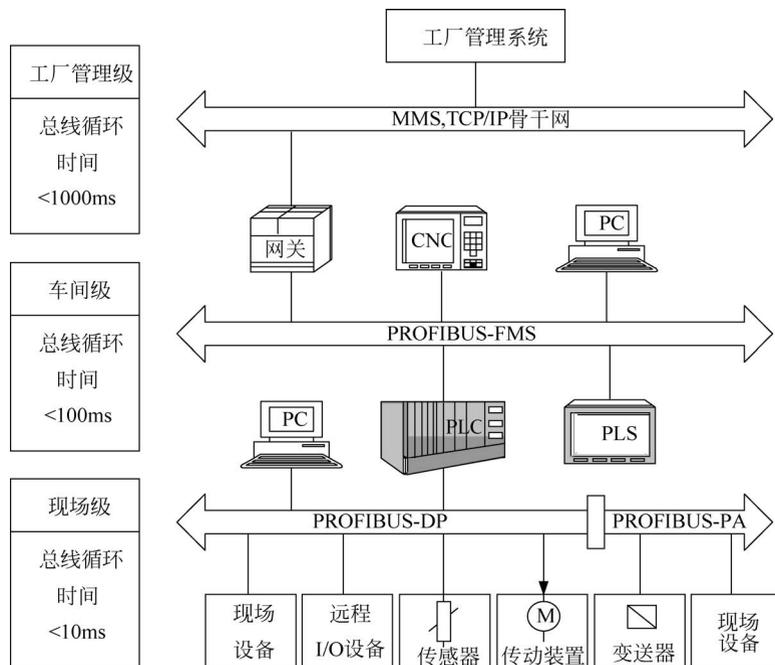


图 5-1 PROFIBUS 的典型应用

5.2 PROFIBUS 的协议结构

PROFIBUS 的协议结构如图 5-2 所示。

用户层	DP 设备行规	FMS 设备行规	PA 设备行规
	基本功能 扩展功能		基本功能 扩展功能
	DP 用户接口 直接数据链路 映像程序 (DDL M)	应用层接口 (ALI)	DP 用户接口 直接数据链路 映像程序 (DDL M)
第 7 层 (应用层)	↕	应用层 现场总线报文 规范(FMS)	↕
第 3~6 层		未使用	
第 2 层 (数据链路层)	数据链路层 现场总线数 据链路(FDL)	数据链路层 现场总线数 据链路(FDL)	IEC 接口
第 1 层 (物理层)	物理层 (RS-485/LWL)	物理层 (RS-485/LWL)	IEC 1158-2

图 5-2 PROFIBUS 的协议结构

从图 5-2 可以看出,PROFIBUS 协议采用了 ISO/OSI 模型中的第 1 层、第 2 层,必要时还会采用第 7 层。第 1 层和第 2 层的导线和传输协议依据美国标准 EIA RS-485、国际标准 IEC 870-5-1 和欧洲标准 EN 60870-5-1、总线存取程序、数据传输和管理服务基于 DIN 19241 标准的第 1~3 部分和 IEC 955 标准。管理功能(FMA7)采用 ISO DIS 7498-4(管理框架)的概念。

5.2.1 PROFIBUS-DP 的协议结构

PROFIBUS-DP 使用第 1 层、第 2 层和用户接口层,第 3~7 层未用,这种精简的结构确保了高速数据传输。物理层采用 RS-485 标准,规定了传输介质、物理连接和电气等特性。PROFIBUS-DP 的数据链路层称为现场总线数据链路层(Fieldbus Data Link layer,FDL),包括与 PROFIBUS-FMS、PROFIBUS-PA 兼容的总线介质访问控制 MAC 以及现场总线链路控制(Fieldbus Link Control,FLC),FLC 向上层提供服务存取点的管理和数据的缓存。第 1 层和第 2 层的现场总线管理(FieldBus Management layer 1 and 2,FMA1/2)完成第 2 层待定总线参数的设定和第 1 层参数的设定,它还完成这两层出错信息的上传。PROFIBUS-DP 的用户层包括直接数据链路映射(Direct Data Link Mapper,DDL M)、DP 的基本功能、扩展功能以及设备行规。DDL M 提供了方便访问 FDL 的接口,DP 设备行规是对用户数据含义的具体说明,规定了各种应用系统和设备的行为特性。

这种为高速传输用户数据而优化的 PROFIBUS 协议特别适用于可编程控制器与现场级分散 I/O 设备之间的通信。

5.2.2 PROFIBUS-FMS 的协议结构

PROFIBUS-FMS 使用了第 1 层、第 2 层和第 7 层。应用层(第 7 层)包括 FMS(现场总线报文规范)和 LLI(低层接口)。FMS 包含应用协议和提供的通信服务。LLI 建立各种类型的通信关系,并给 FMS 提供不依赖于设备的对第 2 层的访问。

FMS 处理单元级(PLC 和 PC)的数据通信。功能强大的 FMS 服务可在广泛的应用领域使用,并为解决复杂通信任务提供了很大的灵活性。

PROFIBUS-DP 和 PROFIBUS-FMS 使用相同的传输技术和总线存取协议。因此,它们可以在同一根电缆上同时运行。

5.2.3 PROFIBUS-PA 的协议结构

PROFIBUS-PA 使用扩展的 PROFIBUS-DP 协议进行数据传输。此外,它执行规定现场设备特性的 PROFIBUS-PA 设备行规。传输技术依据 IEC 1158-2 标准,确保本质安全和通过总线对现场设备供电。使用段耦合器可将 PROFIBUS-PA 设备很容易地集成到 PROFIBUS-DP 网络之中。

PROFIBUS-PA 是为满足过程自动化工程中的高速、可靠的通信要求而特别设计的。用 PROFIBUS-PA 可以把传感器和执行器连接到通常的现场总线(段)上,即使在防爆区域

的传感器和执行器也可如此。

5.3 PROFIBUS-DP 现场总线系统

由于 SIEMENS 公司在离散自动化领域具有较深的影响,并且 PROFIBUS-DP 在国内具有广大的用户,本节以 PROFIBUS-DP 为例介绍 PROFIBUS 现场总线系统。

5.3.1 PROFIBUS-DP 的三个版本

PROFIBUS-DP 经过功能扩展,一共有 DP-V0、DP-V1 和 DP-V2 三个版本,有时将 DP-V1 简写为 DPV1。

1. 基本功能(DP-V0)

(1) 总线存取方法。

各主站间为令牌传送,主站与从站间为主-从循环传送,支持单主站或多主站系统,总线上最多 126 个站。可以采用点对点用户数据通信、广播(控制指令)方式和循环主-从用户数据通信。

(2) 循环数据交换。

DP-V0 可以实现中央控制器(PLC、PC 或过程控制系统)与分布式现场设备(从站,例如 I/O、阀门、变送器和分析仪等)之间的快速循环数据交换,主站发出请求报文,从站收到后返回响应报文。这种循环数据交换是在被称为 MS0 的连接上进行的。

总线循环时间应小于中央控制器的循环时间(约 10ms),DP 的传送时间与网络中站的数量和传输速率有关。每个从站可以传送 224B 的输入或输出数据。

(3) 诊断功能。

经过扩展的 PROFIBUS-DP 诊断,能对站级、模块级、通道级这 3 级故障进行诊断和快速定位,诊断信息在总线上传输并由主站采集。

(4) 保护功能。

所有信息的传输按海明距离 $HD=4$ 进行。对 DP 从站的输出进行存取保护,DP 主站用监控定时器监视与从站的通信,对每个从站都有独立的监控定时器。

DP 从站用看门狗(Watchdog Timer,监控定时器)检测与主站的数据传输,如果在设置的时间内没有完成数据通信,那么从站会自动将输出切换到故障安全状态。

(5) 通过网络的组态功能与控制功能。

通过网络可以实现下列功能:动态激活或关闭 DP 从站,对 DP 主站(DPM1)进行配置,可以设置站点的数目、DP 从站的地址、输入/输出数据的格式、诊断报文的格式等,以及检查 DP 从站的组态。控制命令可以同时发送给所有的从站或部分从站。

(6) 同步与锁定功能。

主站可以发送命令给一个从站或同时发给一组从站。接收到主站的同步命令后,从站进入同步模式。这些从站的输出被锁定在当前状态。在这之后的用户数据传输中,输出数

据存储在从站,但是它的输出状态保持不变。同步模式可用 UNSYNC 命令来解除。

FREEZE(锁定)命令使指定的从站组进入锁定模式,即将各从站的输入数据锁定在当前状态,直到主站发送下一个锁定命令时才可以刷新。可用 UNFREEZE 命令来解除锁定模式。

(7) DPM1 和 DP 从站之间的循环数据传输。

DPM1 与有关 DP 从站之间的用户数据传输是由 DPM1 按照确定的递归顺序自动进行的。在对总线系统进行组态时,用户定义 DP 从站与 DPM1 的关系,确定哪些 DP 从站被纳入信息交换的循环。

DPM1 和 DP 从站之间的数据传送分为 3 个阶段:参数化、组态和数据交换。在前两个阶段进行检查,每个从站将自己的实际组态数据与从 DPM1 接收到的组态数据进行比较。设备类型、格式、信息长度与输入/输出的个数都应一致,以防止由于组态过程中的错误造成系统的检查错误。

只有系统检查通过后,DP 从站才进入用户数据传输阶段。在自动进行用户数据传输的同时,也可以根据用户的需要向 DP 从站发送用户定义的参数。

(8) DPM1 和系统组态设备间的循环数据传输。

PROFIBUS-DP 允许主站之间的数据交换,即 DPM1 和 DPM2 之间的数据交换。该功能使组态和诊断设备通过总线对系统进行组态,改变 DPM1 的操作方式,动态地允许或禁止 DPM1 与某些从站之间交换数据。

2. DP-V1 的扩展功能

(1) 非循环数据交换。

除了 DP-V0 的功能外,DP-V1 最主要的特征是具有主站与从站之间的非循环数据交换功能,可以用它来进行参数设置、诊断和报警处理。非循环数据交换与循环数据交换是并行执行的,但是优先级较低。

1 类主站 DPM1 可以通过非循环数据通信读写从站的数据块,数据传输在 DPM1 建立的 MS1 连接上进行,可以用主站来组态从站和设置从站的参数。

在启动非循环数据通信之前,DPM2 用初始化服务建立 MS2 连接。MS2 用于读/写和数据传输服务。一个从站可以同时保持几个激活的 MS2 连接,但是连接的数量受到从站的资源的限制。DPM2 与从站建立或中止非循环数据通信连接,读/写从站的数据块。数据传输功能向从站非循环地写指定的数据,如果需要,可以在同一周期读数据。

对数据寻址时,PROFIBUS 假设从站的物理结构是模块化的,即从站由称为“模块”的逻辑功能单元构成。在基本 DP 功能中,这种模型也用于数据的循环传送。每一模块的输入/输出字节数为常数,在用户数据报文中按固定的位置来传送。寻址过程基于标识符,用它来表示模块的类型,包括输入、输出或二者的结合,所有标识符的集合产生了从站的配置。在系统启动时由 DPM1 对标识符进行检查。

循环数据通信也是建立在这一模型的基础上的。所有能被读写访问的数据块都被认为属于这些模块,它们可以用槽号和索引来寻址。槽号用来确定模块的地址,索引号用来确定

指定给模块的数据块的地址,每个数据块最多 244B。读写服务寻址如图 5-3 所示。

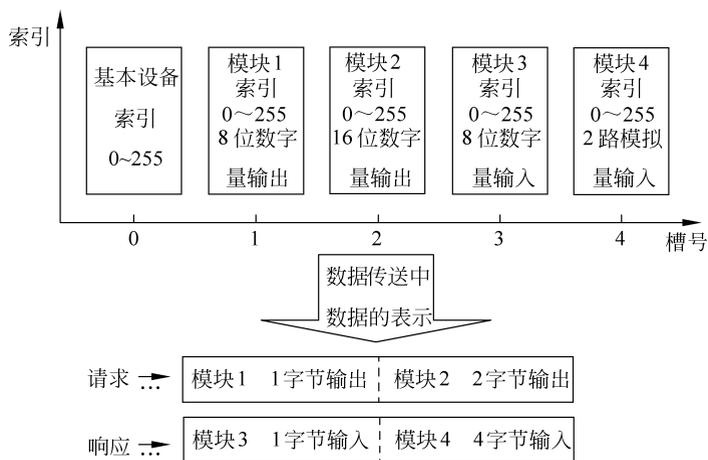


图 5-3 读写服务寻址

对于模块化的设备,模块被指定槽号,从 1 号槽开始,槽号按顺序递增,0 号留给设备本身。紧凑型设备被视为虚拟模块的一个单元,也可以用槽号和索引来寻址。

在读/写请求中,通过长度信息可以对数据块的一部分进行读写。如果读/写数据块成功,DP 从站发送正常的读写响应。反之将发送否定的响应,并对问题进行分类。

(2) 工程内部集成的 EDD 与 FDT。

在工业自动化中,由于历史的原因,GSD 文件使用得较多,它适用于较简单的应用;EDD(Electronic Device Description,电子设备描述)适用于中等复杂程度的应用;FDT/DTM(Field Device Tool/Device Type Manager,现场设备工具/设备类型管理)是独立于现场总线的“万能”接口,适用于复杂的应用场合。

(3) 基于 IEC 61131-3 的软件功能块。

为了实现与制造商无关的系统行规,应为现存的通信平台提供应用程序接口(API),即标准功能块。PNO(PROFIBUS 用户组织)推出了“基于 IEC 61131-3 的通信与代理(Proxy)功能块”。

(4) 故障安全通信(PROFIsafe)。

PROFIsafe 定义了与故障安全有关的自动化任务,以及故障-安全设备怎样用故障-安全控制器在 PROFIBUS 上通信。PROFIsafe 考虑了在串行总线通信中可能发生的故障,例如,数据的延迟、丢失、重复,不正确的时序,地址和数据的损坏。

PROFIsafe 采取了下列的补救措施:输入报文帧的超时及其确认;发送者与接收者之间的标识符(口令);附加的数据安全措施(CRC 校验)。

(5) 扩展的诊断功能。

DP 从站通过诊断报文将突发事件(报警信息)传送给主站,主站收到后发送确认报文给从站。从站收到后只能发送新的报警信息,这样可以防止多次重复发送同一报警报文。

状态报文由从站发送给主站,不需要主站确认。

3. DP-V2 的扩展功能

(1) 从站与从站间的通信。

在 2001 年发布的 PROFIBUS 协议功能扩充版本 DP-V2 中,广播式数据交换实现了从站之间的通信,从站作为出版者(Publisher),不经过主站直接将信息发送给作为订户(Subscriber)的从站。这样从站可以直接读入其他从站的数据。这种方式最多可以减少 90% 的总线响应时间。从站与从站的数据交换如图 5-4 所示。

(2) 同步(Isochronous)模式功能。

同步功能激活主站与从站之间的同步,误差小于 1ms。通过“全局控制”广播报文,所有有关的设备被周期性地同步到总线主站的循环。

(3) 时钟控制与时间标记(Time Stamps)。

通过用于时钟同步的新的连接 MS3,实时时间(Real Time)主站将时间标记发送给所有从站,将从站的时钟同步到系统时间,误差小于 1ms。

(4) 上载与下载(区域装载)。

这一功能允许用少量的命令装载任意现场设备中任意大小的数据区。例如,不需要人工装载就可以更新程序或更换设备。

(5) 功能请求(Function Invocation)。

功能请求服务用于 DP 从站的程序控制(启动、停止、返回或重新启动)和功能调用。

(6) 从站冗余。

在很多应用场合,要求现场设备的通信有冗余功能。冗余的从站有两个 PROFIBUS 接口:一个是主接口,一个是备用接口。它们可能是单独的设备,也可能分散在两个设备中。

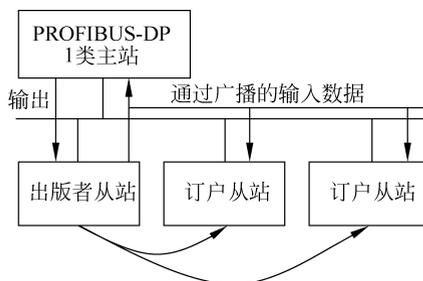


图 5-4 从站与从站的数据交换

5.3.2 PROFIBUS-DP 系统组成和总线访问控制

PROFIBUS-DP 是一种专为制造自动化和过程控制优化的数字通信系统,支持高速数据交换。该系统由至少一个主站(如 PLC)、多个从站(如传感器和执行器)、总线电缆及接口构成,使用 RS-485 或光纤作传输介质。通过主-从通信机制和令牌传递协议,主站控制通信流程,确保数据实时、准确地传输。从站仅响应主站请求,利用轮询机制保证所有从站均被访问。此设计可有效地避免数据冲突,保障通信的高效和可靠性,满足工业自动化对实时性的高要求。

1. 系统的组成

PROFIBUS-DP 总线系统设备包括主站(主动站,有总线访问控制权,包括 1 类主站和 2 类主站)和从站(被动站,无总线访问控制权)。当主站获得总线访问控制权(令牌)时,它能占用总线,可以传输报文,从站仅能应答所接收的报文或在收到请求后传输数据。

(1) 1类主站。

1类DP主站能够对从站设置参数,检查从站的通信接口配置,读取从站诊断报文,并根据已经定义好的算法与从站进行用户数据交换。1类主站还能用一组功能与2类主站进行通信。所以1类主站在DP通信系统中既可作为数据的请求方(与从站的通信),也可作为数据的响应方(与2类主站的通信)。

(2) 2类主站。

在PROFIBUS-DP系统中,2类主站是一个编程器或一个管理设备,可以执行一组DP系统的管理与诊断功能。

(3) 从站。

从站是PROFIBUS-DP系统通信中的响应方,它不能主动发出数据请求。DP从站可以与2类主站或(对其设置参数并完成对其通信接口配置的)1类主站进行数据交换,并向主站报告本地诊断信息。

2. 系统的结构

一个DP系统既可以是一个单主站结构,也可以是一个多主站结构。主站和从站采用统一编址方式,可选用0~127共128个地址,其中127为广播地址。一个PROFIBUS-DP网络最多可以有127个主站,在应用实时性要求较高时,主站个数一般不超过32个。

单主站结构是指网络中只有一个主站,且该主站为1类主站,网络中的从站都隶属于这个主站,从站与主站进行主-从数据交换。

多主站结构是指在一条总线上连接几个主站,主站之间采用令牌传递方式获得总线控制权,获得令牌的主站与受其控制的从站之间进行主-从数据交换。总线上的主站和各自控制的从站构成多个独立的主-从结构子系统。

典型DP系统的组成结构如图5-5所示。

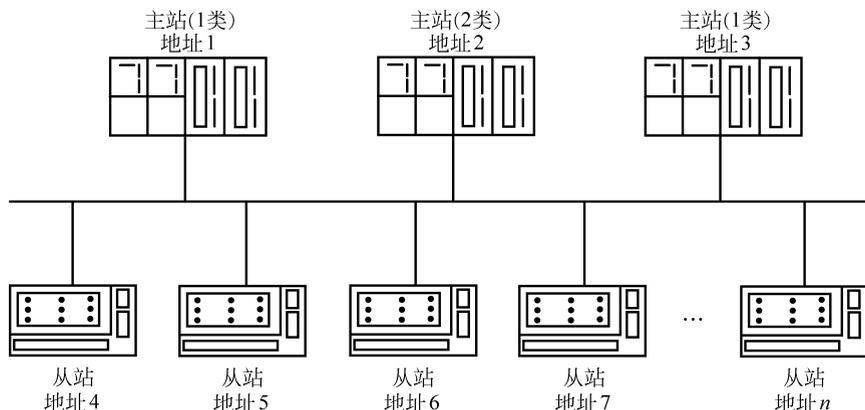


图 5-5 典型 DP 系统的组成结构

3. 总线访问控制

PROFIBUS-DP 系统的总线访问控制要保证满足两个方面的需求:一方面,总线主站

节点必须在确定的时间范围内获得足够的机会来处理它自己的通信任务；另一方面，主站与从站之间的数据交换必须是快速且具有很少的协议开销。

DP 系统支持使用混合的总线访问控制机制，主站之间采取令牌控制方式：令牌在主站之间传递，拥有令牌的主站拥有总线访问控制权；主站与从站之间采取主-从控制方式：主站具有总线访问控制权，从站仅在主站要求它发送时才可以访问总线。

当一个主站获得令牌后，它就可以执行主站功能，与其他主站节点或所控制的从站节点进行通信。总线上的报文用节点地址来组织，每个 PROFIBUS 主站节点和从站节点都有一个地址，而且此地址在整个总线上必须是唯一的。

在 PROFIBUS-DP 系统中，这种混合总线访问控制方式允许有如下的系统配置：

- ① 纯主-主系统(执行令牌传递过程)。
- ② 纯主-从系统(执行主-从数据通信过程)。
- ③ 混合系统(执行令牌传递和主-从数据通信过程)。

(1) 令牌传递过程。

连接到 DP 网络的主站按节点地址的升序组成一个逻辑令牌环。控制令牌按顺序从一个主站传递到下一个主站。令牌提供访问总线的权利，并通过特殊的令牌帧在主站间传递。具有 HAS(Highest Address Station, 最高站地址)的主站将令牌传递给具有最低总线地址的主站，以使逻辑令牌环闭合。

令牌经过所有主站节点轮转一次所需的时间叫作令牌循环时间(Token Rotation Time)。现场总线系统中令牌轮转一次所允许的最大时间叫作目标循环时间(Target Rotation Time, TTR)，其值是可调整的。

在系统的启动总线初始化阶段，总线访问控制通过辨认主站地址来建立令牌环，并将主站地址都记录在活动主站表(List of Active Master Stations, LAS, 用于记录系统中所有主站地址)中。对于令牌管理而言，有两个地址概念特别重要：前驱站(Previous Station, PS)地址，即传递令牌给自己的站的地址；后继站(Next Station, NS)地址，即将要传递令牌的目的站地址。在系统运行期间，为了从令牌环中去掉有故障的主站或在令牌环中添加新的主站而不影响总线上的数据通信，需要修改 LAS。纯主-主系统中的令牌传递过程如图 5-6 所示。

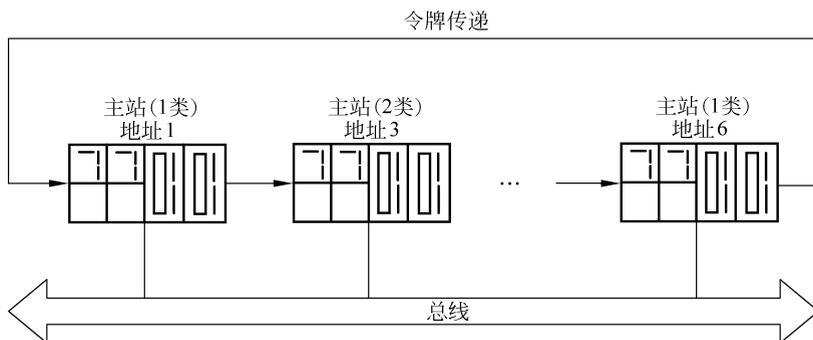


图 5-6 纯主-主系统中的令牌传递过程

(2) 主-从数据通信过程。

一个主站在得到令牌后,可以主动发起与从站的数据交换。主-从访问过程允许主站访问主站所控制的从站设备,主站可以发送信息给从站或从从站获取信息。其数据传递如图 5-7 所示。

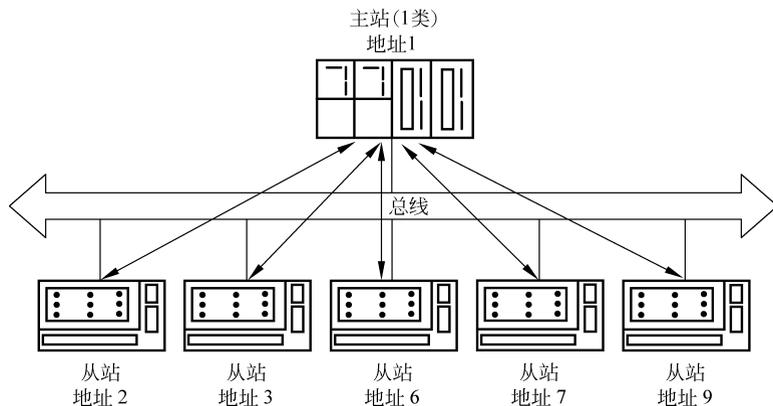


图 5-7 主-从数据通信过程

如果一个 DP 总线系统中有若干个从站,而它的逻辑令牌环只含有一个主站,那么这样的系统称为纯主-从系统。

5.3.3 PROFIBUS-DP 系统工作过程

下面以如图 5-8 所示的 PROFIBUS-DP 系统为例,介绍 PROFIBUS 系统的工作过程。这是一个由多个主站和多个从站组成的 PROFIBUS-DP 系统,包括:2 个 1 类主站、1 个 2 类主站和 4 个从站。2 号从站和 4 号从站受控于 1 号主站,5 号从站和 9 号从站受控于 6 号主站,主站在得到令牌后对其控制的从站进行数据交换。通过用户设置,2 类主站可以对 1 类主站或从站进行管理监控。上述系统搭建过程可以通过特定的组态软件(如 Step7)组态而成,限于篇幅,这里只讨论 1 类主站和从站的通信过程,而不讨论有关 2 类主站的通信过程。

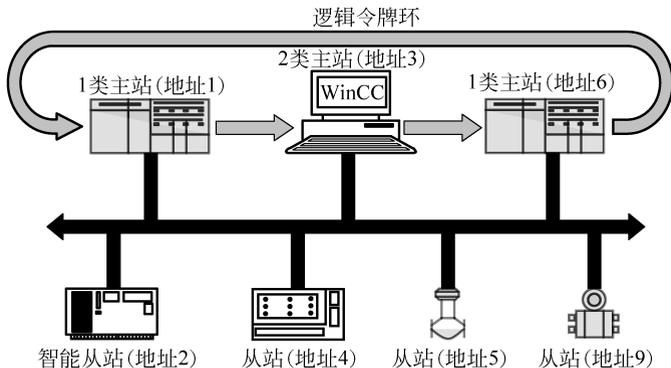


图 5-8 PROFIBUS-DP 系统实例

系统从上电到进入正常数据交换工作状态的整个过程可以概括为以下 4 个工作阶段。

1. 主站和从站的初始化

上电后,主站和从站进入 Offline 状态,执行自检。当所需要的参数都被初始化后(主站需要加载总线参数集,从站需要加载相应的诊断响应信息等),主站开始监听总线令牌,而从站开始等待主站对其设置参数。

2. 总线上令牌环的建立

主站准备好进入总线令牌环,处于听令牌状态。在一定时间(Time-out)内主站如果没有听到总线上有信号传递,就开始自己生成令牌并初始化令牌环。然后该主站做一次对全体可能主站地址的状态询问,根据收到应答的结果确定活动主站表和本主站所辖站地址范围 GAP,GAP 是指从本站地址(This Station,TS)到令牌环中的后继站地址 NS 之间的地址范围。LAS 的形成即标志着逻辑令牌环初始化的完成。

3. 主站与从站通信的初始化

DP 系统的工作过程如图 5-9 所示。

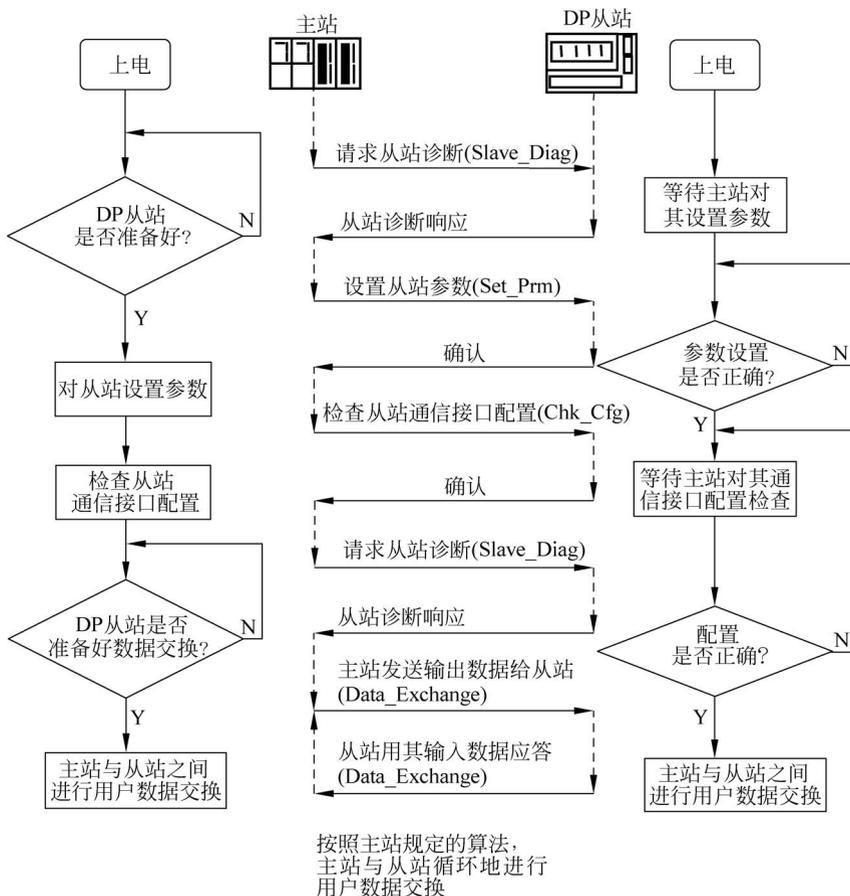


图 5-9 DP 系统的工作过程

在主站可以与 DP 从站设备交换用户数据之前,主站必须设置 DP 从站的参数并配置此从站的通信接口,因此主站首先检查 DP 从站是否在总线上。如果从站在总线上,则主站通过请求从站的诊断数据来检查 DP 从站的准备情况。如果 DP 从站报告它已准备好接收参数,则主站给 DP 从站设置参数数据并检查通信接口配置,正常情况下 DP 从站将分别给予确认。收到从站的确认回答后,主站再请求从站的诊断数据以查明从站是否准备好进行用户数据交换。只有在这些工作正确完成后,主站才能开始循环地与 DP 从站交换用户数据。

在上述过程中,交换了下述 3 种数据。

(1) 参数数据。

参数数据包括预先给 DP 从站的一些本地和全局参数以及一些特征和功能。参数报文的结构除包括标准规定的部分外,必要时还包括 DP 从站和制造商特有的部分。参数报文的长度不超过 244B,重要的参数包括从站状态参数、看门狗定时器参数、从站制造商标识符、从站分组及用户自定义的从站应用参数等。

(2) 通信接口配置数据。

DP 从站的输入/输出数据的格式通过标识符来描述。标识符指定了在用户数据交换时输入/输出字节或字的长度及数据的一致刷新要求。在检查通信接口配置时,主站发送标识符给 DP 从站,以检查在从站中实际存在的输入/输出区域是否与标识符所设定的一致。如果一致,则可以进入主-从用户数据交换阶段。

(3) 诊断数据。

在启动阶段,主站使用诊断请求报文来检查是否存在 DP 从站和从站是否准备好接收参数报文。由 DP 从站提交的诊断数据包括符合标准的诊断部分以及此 DP 从站专用的外部诊断信息。DP 从站发送诊断报文告知 DP 主站其运行状态、出错时间及原因等。

4. 用户的交换数据通信

如果前面所述的过程没有错误而且 DP 从站的通信接口配置与主站的请求相符,则 DP 从站发送诊断报文报告它已为循环地交换用户数据做好准备。从此时起,主站与 DP 从站交换用户数据。在交换用户数据期间,DP 从站只响应对其设置参数和通信接口配置检查正确的主站发来的 Data_Exchange 请求帧报文,如循环地向从站输出数据或者循环地读取从站数据。其他主站的用户数据报文均被此 DP 从站拒绝。在此阶段,当从站出现故障或其他诊断信息时,将会中断正常的用户数据交换。DP 从站可以通过将应答时的报文服务级别从低优先级改变为高优先级来告知主站当前有诊断报文中断或其他状态信息。然后,主站发出诊断请求,请求 DP 从站的实际诊断报文或状态信息。处理后,DP 从站和主站返回到交换用户数据状态,主站和 DP 从站可以双向交换最多 244B 的用户数据。DP 从站报告出现诊断报文的流程如图 5-10 所示。

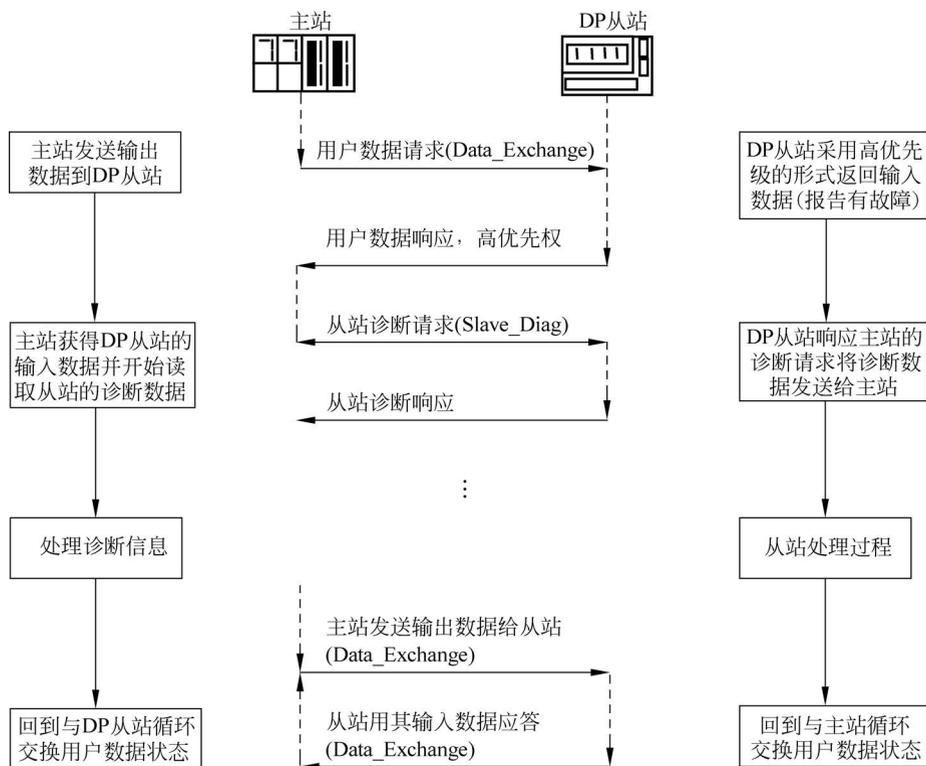


图 5-10 DP 从站报告出现诊断报文的流程

5.4 PROFIBUS-DP 的通信模型

PROFIBUS-DP 的通信模型有几个关键点,它们共同定义了这一协议的通信行为和结构。

(1) 主站和从站模型。

主站(Master): 在 PROFIBUS-DP 网络中,主站负责控制网络上的通信。它发起数据交换,并且可以配置、监控和控制从站。主站通常是可编程逻辑控制器(PLC)或者工业 PC。

从站(Slave): 从站是网络上的设备,如传感器、执行器或驱动器等,它们执行主站下达的命令,并向主站报告状态或测量值。从站不会主动发起通信。

(2) 通信组织。

周期性通信: 主站定期(周期性地)与从站交换数据,确保实时性控制和监测。这种通信模式支持快速响应和高效的数据同步。

非周期性通信: 除了周期性通信外,主站还可以与从站进行非周期性的数据交换,用于参数配置、诊断等需要。

(3) 数据交换模型。

输入/输出(I/O)数据: 最常见的数据交换类型, 涉及将控制命令从主站发送到从站(输出数据), 以及将状态信息或测量值从从站回送到主站(输入数据)。

参数数据: 用于设备配置和参数设置的数据。这些数据通常在设备启动时或维护期间交换。

(4) 数据传输速率。

PROFIBUS-DP 支持多种数据传输速率, 从 9.6kb/s 到 12Mb/s 不等, 用户可以根据具体的应用需求选择合适的数据传输速率。

(5) 地址分配。

PROFIBUS-DP 网络中的每个设备都有一个唯一的地址。主站通过这些地址识别和访问网络上的从站。

(6) 配置和诊断。

网络配置: 在网络投入运行前, 需要对其进行配置, 包括设定主站和从站的参数, 以及网络的布局。

网络诊断: PROFIBUS-DP 支持网络诊断功能, 主站可以通过诊断信息监控网络状态和从站的健康状况。

(7) 标准和互操作性。

PROFIBUS-DP 遵循 IEC 61158 和 IEC 61784 标准, 确保了不同制造商的设备之间的互操作性。

通过这些通信模型的要点, PROFIBUS-DP 能够提供一种高效、可靠的方式来支持工业自动化系统中的设备通信。

5.4.1 PROFIBUS-DP 的物理层

PROFIBUS-DP 的物理层支持屏蔽双绞线和光缆两种传输介质。

1. DP(RS-485)的物理层

对于屏蔽双绞电缆的基本类型来说, PROFIBUS 的物理层(第 1 层)实现对称的数据传输, 符合 EIA RS-485 标准(也称为 H2)。一个总线段内的导线是屏蔽双绞电缆, 段的两端各有一个终端器, 如图 5-11 所示。传输速率从 9.6kb/s 到 12Mb/s 可选, 所选用的波特率适用于连接到总线(段)上的所有设备。

(1) 传输程序。

用于 PROFIBUS RS-485 的传输程序是以半双工、异步、无间隙同步为基础的。数据的发送用 NRZ(不归零)编码, 即 1 个字符帧为 11 位(bit), 如图 5-12 所示。当发送位(bit)时, 由二进制 0 到 1 转换期间的信号形状不改变。

在传输期间, 二进制 1 对应 RXD/TXD-P(Receive/Transmit-Data-P)线上的正电位, 而在 RXD/TXD-N 线上则相反。各报文间的空闲(idle)状态对应二进制 1 信号, 如图 5-13 所示。

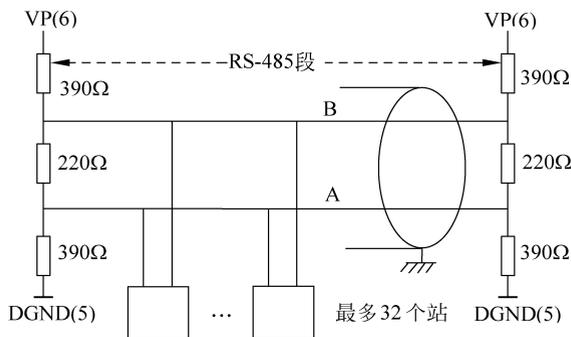


图 5-11 RS-485 总线段的结构

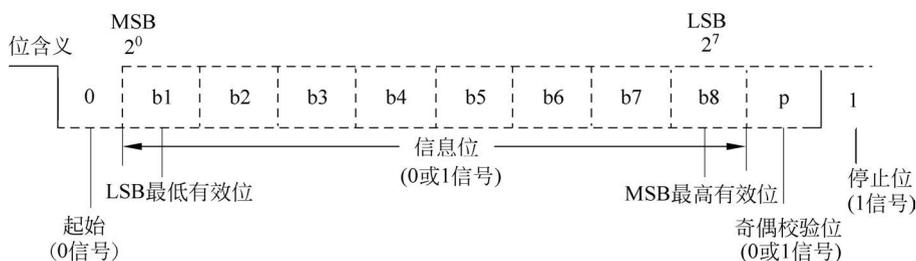


图 5-12 PROFIBUS UART 数据帧

2 根 PROFIBUS 数据线也常称为 A 线和 B 线。A 线对应 RXD/TXD-N 信号, B 线则对应 RXD/TXD-P 信号。

(2) 总线连接。

国际性的 PROFIBUS 标准 EN 50170 推荐使用 9 针 D 形连接器用于总线站与总线的相互连接。D 形连接器的插座与总线站相连接, 而 D 形连接器的插头与总线电缆相连接, 9 针 D 形连接器如图 5-14 所示。

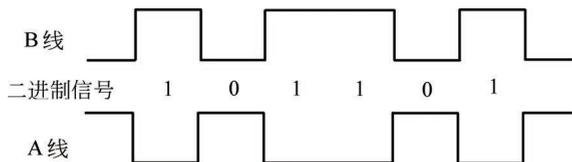


图 5-13 用 NRZ 传输时的信号形状

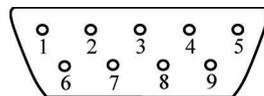


图 5-14 9 针 D 形连接器

9 针 D 形连接器的针脚分配如表 5-1 所示。

表 5-1 9 针 D 形连接器的针脚分配

针 脚 号	信号名称	设计含义
1	SHIELD	屏蔽或功能地
2	M24	24V 输出电压的地(辅助电源)
3	RXD/TXD-P ^①	接收/发送数据-正, B 线
4	CNTR-P	方向控制信号 P

续表

针 脚 号	信号名称	设计含义
5	DGND ^①	数据基准电位(地)
6	VP ^①	供电电压-正
7	P24	正 24V 输出电压(辅助电源)
8	RXD/TXD-N ^①	接收/发送数据-负, A 线
9	CMTR-N	方向控制信号 N

① 该类信号是强制性的,它们必须使用。

(3) 总线终端器。

根据 EIA RS-485 标准,在数据线 A 和 B 的两端均加接总线终端器。PROFIBUS 的总线终端器包含一个下拉电阻(与数据基准电位 DGND 相连接)和一个上拉电阻(与供电正电压 VP 相连接)(见图 4-11)。当在总线上没有站发送数据时,也就是说,在两个报文之间总线处于空闲状态时,这两个电阻确保在总线上有一个确定的空闲电位。几乎在所有标准的 PROFIBUS 总线连接器上都组合了所需要的总线终端器,而且可以由跳接器或开关来启动。

当总线系统运行的传输速率大于 1.5Mb/s 时,由于所连接站的电容性负载而引起导线反射,因此必须使用附加有轴向电感的总线连接插头,如图 5-15 所示。

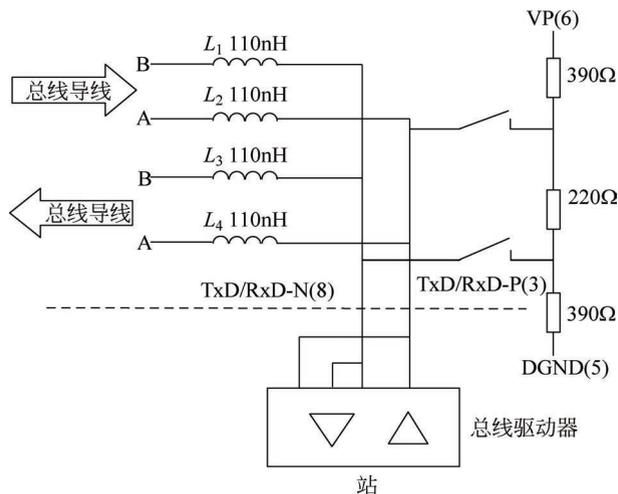


图 5-15 传输速率大于 1.5Mb/s 的连接结构

RS-485 总线驱动器可采用 SN75176,当数据传输速率超过 1.5Mb/s 时,应当选用高速型总线驱动器,如 SN75ALS1176 等。

2. DP(光缆)的物理层

PROFIBUS 第 1 层的另一种类型是以 PNO (PROFIBUS 用户组织) 的导则“用于 PROFIBUS 的光纤传输技术,版本 1.1,1993 年 7 月版”为基础的,它通过光纤导体中光的传输来传送数据。光缆允许 PROFIBUS 系统站之间的距离最大到 15km。光缆对电磁干

扰不敏感并能确保总线站之间的电气隔离。近年来,由于光纤的连接技术已大大简化,因此这种传输技术已经普遍用于现场设备的数据通信,特别是塑料光纤的简单单工连接器的使用成为这一发展的重要组成部分。

用玻璃或塑料纤维制成的光缆可用作传输介质。根据所用导线的类型,目前玻璃光纤能处理的连接距离达到 15km,而塑料光纤只能达到 80m。

5.4.2 PROFIBUS-DP 的数据链路层

根据 OSI 参考模型,数据链路层规定总线存取控制、数据安全性以及传输协议和报文的处理。在 PROFIBUS-DP 中,数据链路层(第 2 层)称为 FDL 层(现场总线数据链路层)。

PROFIBUS-DP 的报文格式如图 5-16 所示。

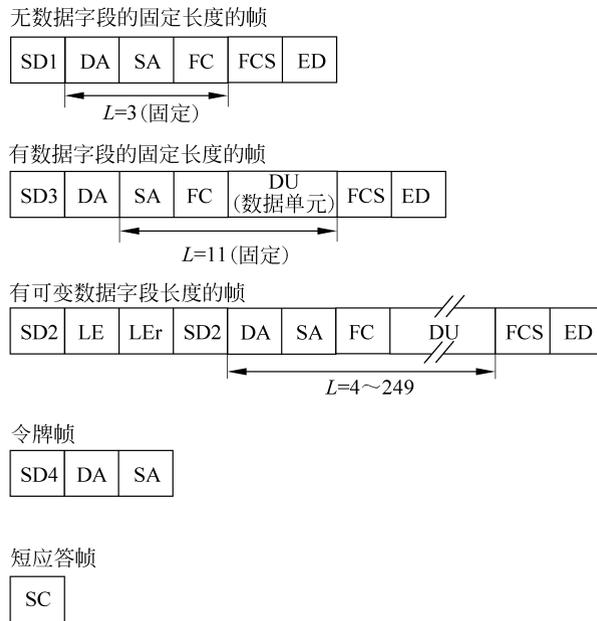


图 5-16 PROFIBUS-DP 的报文格式

1. 帧字符和帧格式

(1) 帧字符。

每个帧由若干帧字符(UART 字符)组成,它把一个 8 位字符扩展成 11 位:首先是一个开始位 0,接着是 8 位数据,之后是奇偶校验位(规定为偶校验),最后是停止位 1。

(2) 帧格式。

第 2 层的报文格式(帧格式)如图 5-16 所示。

其中,

- L 信息字段长度;
- SC 单一字符(E5H),用在短应答帧中;

SD1~SD4	开始符,区别不同类型的帧格式; SD1=0x10,SD2=0x68,SD3=0xA2,SD4=0xDC;
LE/LEr	长度字节,指示数据字段的长度,LEr=LE;
DA	目的地址,指示接收该帧的站;
SA	源地址,指示发送该帧的站;
FC	帧控制字节,包含用于该帧服务和优先权等的详细说明;
DU	数据字段,包含有效的数据信息;
FCS	帧校验字节,所有帧字符的和,不考虑进位;
ED	帧结束界定符(16H)。

这些帧既包括主动帧,也包括应答/回答帧,帧中字符间不存在空闲位(二进制 1)。主动帧和应答/回答帧的帧前的间隙有一些不同。每个主动帧帧头都有至少 33 个同步位,也就是说,每个通信建立握手报文前必须保持至少 33 位长的空闲状态(二进制 1 对应电平信号),这 33 个同步位长作为帧同步时间间隔,称为同步位 SYN。而应答和回答帧前没有这个规定,响应时间取决于系统设置。应答帧与回答帧也有一定的区别:应答帧是指从站对主站的响应帧中无数据字段(DU)的帧,而回答帧是指响应帧中存在数据字段(DU)的帧。另外,短应答帧只供应答使用,它是无数据字段固定长度的帧的一种简单形式。

(3) 帧控制字节。

FC 的位置在帧中 SA 之后,用来定义报文类型,表明该帧是主动请求帧还是应答/回答帧,FC 还包括了防止信息丢失或重复的控制信息。

(4) 扩展帧。

在有数据字段(DU)的帧(开始符是 SD2 和 SD3)中,DA 和 SA 的最高位(第 7 位)指示是否存在地址扩展位(EXT),0 表示无地址扩展,1 表示有地址扩展。

(5) 报文循环。

在 DP 总线上,一次报文循环过程包括主动帧和应答/回答帧的传输。除令牌帧外,其余 3 种帧:无数据字段的固定长度的帧、有数据字段的固定长度的帧和有数据字段无固定长度的帧,既可以是主动请求帧,也可以是应答/回答帧(令牌帧是主动帧,它不需要应答/回答)。

2. 现场总线第 1/2 层管理(FMA 1/2)

前面介绍了 PROFIBUS-DP 规范中 FDL 为上层提供的服务。而事实上,FDL 的用户除了可以申请 FDL 的服务之外,还可以对 FDL 以及物理层 PHY 进行一些必要的管理,例如,强制复位 FDL 和 PHY、设定参数值、读状态、读事件及进行配置等。在 PROFIBUS-DP 规范中,这一部分叫作 FMA 1/2(第 1、2 层现场总线管理)。

FMA 1/2 用户和 FMA 1/2 之间的接口服务功能主要有:

- (1) 复位物理层、数据链路层(Reset FMA 1/2),此服务是本地服务。
- (2) 请求和修改数据链路层、物理层以及计数器的实际参数值(Set Value/Read Value FMA 1/2),此服务是本地服务。

(3) 通知意外的事件、错误和状态改变(Event FMA 1/2),此服务可以是本地服务,也可以是远程服务。

(4) 请求站的标识和链路服务存取点(LSAP)配置(Ident FMA 1/2、LSAP Status FMA 1/2),此服务可以是本地服务,也可以是远程服务。

(5) 请求实际的主站表(Live List FMA 1/2),此服务是本地服务。

(6) SAP 激活及解除激活(SAP Activate/SAP Deactivate FMA 1/2),此服务是本地服务。

5.4.3 PROFIBUS-DP 的用户层

PROFIBUS-DP 协议的用户层定义了应用程序接口(API),使得应用程序能够访问网络通信服务。用户层位于 PROFIBUS 通信模型的最高层,直接与应用程序交互,负责处理高级数据交换、设备参数配置、诊断和监控等任务。PROFIBUS-DP 用户层的几个关键点如下:

(1) 数据交换和访问。

① 过程数据交换:用户层提供了机制,允许周期性地交换过程数据(即从传感器、执行器等从站设备收集的数据)并发送控制信号。这种数据交换是实时的,支持自动化系统的实时控制需求。

② 参数化和诊断数据访问:用户层还提供了非周期性数据访问的机制,使得可以读取和写入设备参数,以及访问诊断信息,这对于设备配置、故障分析和系统维护至关重要。

(2) 设备描述文件(GSD 文件)。

① 设备描述:每个 PROFIBUS-DP 从站设备都有一个与之关联的设备描述文件(GSD 文件),其中包含了设备的重要信息,如设备标识、通信能力、I/O 配置和参数列表等。用户层通过解析 GSD 文件来识别和配置从站设备。

② 参数化支持:用户层利用 GSD 文件中的信息对设备进行参数化,这是实现设备按需配置的基础。

(3) 服务原语(Service Primitives)。

用户层通过一组定义明确的服务原语(如请求、响应、指示和确认)提供通信服务。这些原语定义了应用程序与用户层之间的接口,使得应用程序能够请求数据交换、设备配置和诊断服务。

(4) 确定性通信。

PROFIBUS-DP 用户层支持确定性通信,确保数据在预定的时间内可靠传输,这对于实现工业自动化过程中的同步和实时控制非常重要。

(5) 诊断和监控。

用户层提供了丰富的诊断功能,允许应用程序访问从站和网络的状态信息,包括错误报告、设备状态和网络通信质量等。这些信息对于系统的故障检测和维护至关重要。

(6) 互操作性和兼容性。

用户层遵循 PROFIBUS 标准,提供了标准化的应用程序接口,确保了不同制造商生产的设备和系统之间的互操作性和兼容性。

PROFIBUS-DP 的用户层是实现高效、可靠工业通信的关键,它通过提供标准化的服务和接口,支持复杂的自动化任务,包括设备控制、参数配置、系统诊断和维护。

1. PROFIBUS-DP 的用户层概述

PROFIBUS-DP 的用户层包含以下主要内容:数据链路层管理(DDLM)、用户接口和用户。DDLM 负责处理通信协议的底层细节,如数据的发送和接收、错误检测与恢复。用户接口提供了一个框架,允许应用程序与网络设备进行交互,实现数据交换和设备控制。用户部分则涉及到实际的操作人员,他们通过用户接口与系统互动,进行设备配置、监控和管理。这三者共同确保了系统的有效运行和高效的数据处理。它们在通信中实现各种应用功能[在 PROFIBUS-DP 协议中没有定义第 7 层(应用层),而是在用户接口中描述其应用]。DDLM 是预先定义的直接数据链路映射程序,将所有的在用户接口中传送的功能都映射到第 2 层 FDL 和 FMA 1/2 服务。它向第 2 层发送功能调用中 SSAP、DSAP 和 Serv_class 等必需的参数,接收来自第 2 层的确认和指示,并将它们传送给用户接口/用户。

PROFIBUS-DP 系统的通信模型如图 5-17 所示。

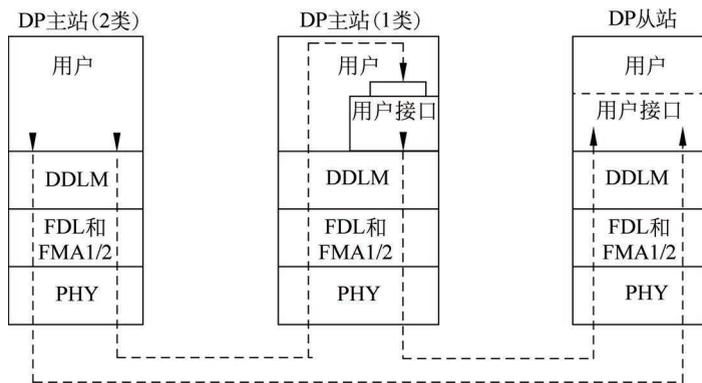


图 5-17 PROFIBUS-DP 系统的通信模型

在图 5-17 中,2 类主站中不存在用户接口,DDLM 直接为用户提供服务。在 1 类主站中,除 DDLM 外,还存在用户、用户接口以及用户与用户接口之间的接口。用户接口与用户之间的接口被定义为数据接口与服务接口,在该接口上处理与 DP 从站之间的通信。在 DP 从站中,存在着用户与用户接口,而用户和用户接口之间的接口被创建为数据接口。主站与主站之间的数据通信由 2 类主站发起,在 1 类主站中数据流直接通过 DDLM 到达用户,不经过用户接口而 1 类主站与 DP 从站两者的用户经由用户接口,利用预先定义的 DP 通信接口进行通信。

2. PROFIBUS-DP 行规

PROFIBUS-DP 只使用了第 1 层和第 2 层。用户接口定义了 PROFIBUS-DP 设备可使

用的应用功能以及各种类型的系统和设备的行为特性。

PROFIBUS-DP 协议的任务只是定义用户数据怎样通过总线从一个站点传送到另一个站点。在这里,传输协议并没有对所传输的用户数据进行评价,这是 DP 行规的任务。由于精确规定了相关应用的参数和行规的使用,从而使不同制造商生产的 DP 部件能容易地交换使用。目前已制定了如下的 DP 行规:

(1) NC/RC 行规(3.052)——该行规介绍了人们怎样通过 PROFIBUS-DP 对操作机床和装配机器人进行控制。根据详细的顺序图解,从高一级自动化设备的角度,介绍了机器人的动作和程序控制情况。

(2) 编码器行规(3.062)——该行规介绍了回转式、转角式和线性编码器与 PROFIBUS-DP 的连接,这些编码器带有单转或多转分辨率。有两类设备定义了它们的基本和附加功能,如标定、中断处理和扩展诊断。

(3) 变速传动行规(3.071)——传动技术设备的主要生产厂商共同制定了 PROFIDRIVE 行规。行规具体规定了传动设备怎样参数化,以及设定值和实际值怎样进行传递,这样不同厂商生产的传动设备就可互换,此行规也包括了速度控制和定位必需的规格参数。传动设备的基本功能在行规中有具体规定,但会根据具体应用留有进一步扩展的余地。行规描述了 DP 或 FMS 应用功能的映射。

(4) 操作员控制和过程监视行规(HMI)——HMI 行规具体说明了如何通过 PROFIBUS-DP 把这些设备与更高级自动化部件的连接,此行规使用了扩展的 PROFIBUS-DP 的功能来进行通信。

5.4.4 PROFIBUS-DP 用户接口

PROFIBUS-DP 用户接口是指用户(通常指的是自动化系统的开发人员和维护人员)与 PROFIBUS-DP 网络之间交互的接口,其中包括软件编程接口(API)、配置工具、诊断功能等。通过这些接口和工具,用户可以配置网络、设备,以及进行通信和故障诊断。PROFIBUS-DP 用户接口具有如下要点:

(1) 设备描述文件(GSD 文件)。

每个 PROFIBUS-DP 设备都有一个对应的设备描述(General Station Description, GSD)文件,它包含了设备的基本信息、通信参数和功能。用户通过这些信息来配置和集成设备。

(2) 配置工具。

① 网络配置:用户通过配置工具来设置网络的拓扑结构、为设备分配地址、配置设备参数等。这些工具通常提供图形界面,简化了配置过程。

② 设备参数设置:配置工具也用于设备的参数化,例如,设置传感器的量程、执行器的操作模式等。

(3) 编程接口(API)。

应用程序接口:PROFIBUS-DP 提供了一套编程接口,允许开发人员在自己的应用程序中

集成 PROFIBUS-DP 通信。这些 API 简化了数据交换、设备控制和诊断信息访问的过程。

(4) 实时数据交换。

过程数据通信：用户接口支持实时的过程数据交换，使得控制系统能够实时监控和控制现场设备。

(5) 诊断和监控。

网络和设备诊断：用户接口提供了诊断功能，使用户能够监控网络状态、检测和诊断故障。这包括从简单的设备状态指示到复杂的故障分析和记录。

(6) 互操作性。

标准化接口：由于 PROFIBUS-DP 遵循国际标准，其用户接口保证了不同设备和系统之间的互操作性，即使它们来自不同的制造商。

(7) 安全性。

网络安全：虽然 PROFIBUS-DP 本身不专注于网络安全，但是用户接口需要考虑到安全性的配置，如通过安全网关或加密手段保护通信数据。

通过这些用户接口的功能和特点，PROFIBUS-DP 支持了广泛的工业自动化应用，从简单的 I/O 设备控制到复杂的过程控制和监控系统。用户可以根据自己的需求，利用这些接口和工具来构建高效、可靠的自动化解决方案。

下面讲述 PROFIBUS-DP 的用户接口。

1. 1 类主站的用户接口

1 类主站用户接口与用户之间的接口包括数据接口和服务接口。在该接口上处理与 DP 从站通信的所有信息交互，1 类主站的用户接口如图 5-18 所示。

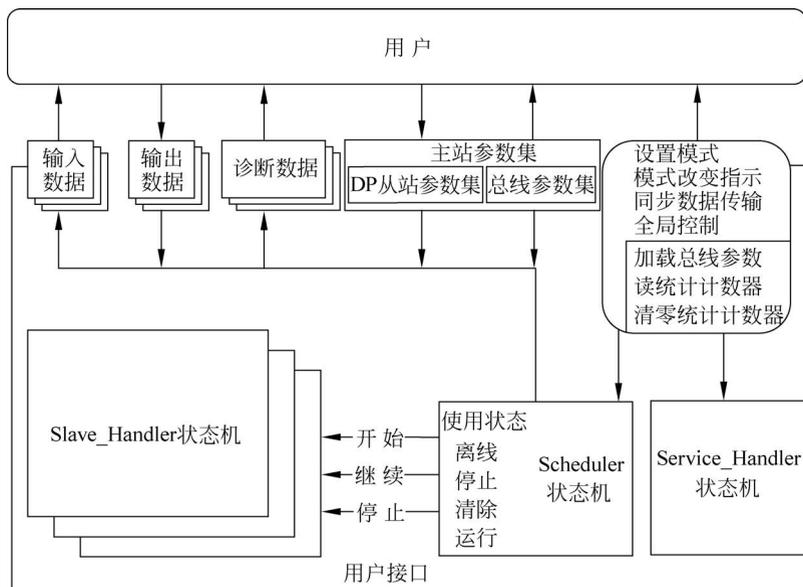


图 5-18 1 类主站的用户接口

(1) 数据接口。

数据接口包括主站参数集、诊断数据、输入数据和输出数据。其中主站参数集包含总线参数集和 DP 从站参数集,是总线参数和从站参数在主站上的映射。

① 总线参数集。

总线参数集的内容包括总线参数长度、FDL 地址、波特率、时隙时间、最小和最大响应从站延时、静止和建立时间、令牌目标轮转时间、GAL 更新因子、最高站地址、最大重试次数、用户接口标志、最小从站轮询时间间隔、请求方得到响应的最长时间、主站用户数据长度、主站(2类)的名字和主站用户数据。

② DP 从站参数集。

DP 从站参数集的内容包括从站参数长度、从站标志、从站类型、参数数据长度、参数数据、通信接口配置数据长度、通信接口配置数据、从站地址分配表长度、从站地址分配表、从站用户数据长度和从站用户数据。

③ 诊断数据。

诊断数据 Diagnostic_Data 是指由用户接口存储的 DP 从站诊断信息、系统诊断信息、数据传输状态表(Data_Transfer_List)和主站状态(Master_Status)的诊断信息。

④ 输入数据和输出数据。

输入数据(Input Data)和输出数据(Output Data)包括 DP 从站的输入数据和 1 类主站用户的输出数据。该区域的长度由 DP 从站制造商指定,输入数据和输出数据的格式由用户根据其 DP 系统来设计,格式信息保存在 DP 从站参数集的 Add_Tab 参数中。

(2) 服务接口。

通过服务接口,用户可以在用户接口的循环操作中异步调用非循环功能。非循环功能分为本地和远程功能。本地功能由 Scheduler 或 Service_Handler 处理,远程功能由 Scheduler 处理。用户接口不提供附加出错处理。在这个接口上,服务调用顺序执行,只有在接口上传送了 Mark.req 并产生 Global_Control.req 的情况下才允许并行处理。服务接口包括以下几种服务。

① 设定用户接口操作模式(Set_Mode)。

用户可以利用该功能设定用户接口的操作模式(USIF_State),并可以利用 DDLM_Get_Master_Diag 读取用户接口的操作模式。2 类主站也可以利用 DDLM_Download 来改变操作模式。

② 指示操作模式改变(Mode_Change)。

用户接口用该功能指示其操作模式的改变。如果用户通过 Set_Mode 改变操作模式,该指示将不会出现。如果在本地接口上发生了一个严重的错误,则用户接口将操作模式改为 Offline。

③ 加载总线参数集(Load_Bus_Par)。

用户用该功能加载新的总线参数集。用户接口将新加载的总线参数集传送给当前的总线参数集并将改变的 FDL 服务参数传送给 FDL 控制。在用户接口的操作模式 Clear 和

Operate 下不允许改变 FDL 服务参数 Baud_Rate 或 FDL_Add。

④ 同步数据传输(Mark)。

利用该功能,用户可与用户接口同步操作,用户将该功能传送给用户接口后,当所有被激活的 DP 从站至少被询问一次后,用户将收到一个来自用户接口的应答。

⑤ 对从站的全局控制命令(Global_Control)。

利用该功能可以向一个(单一)或数个(广播)DP 从站传送控制命令 Sync 和 Freeze,从而实现 DP 从站的同步数据输出和同步数据输入功能。

⑥ 读统计计数器(Read_Value)。

利用该功能读取统计计数器中的参数变量值。

⑦ 清零统计计数器>Delete_SC)。

利用该功能清零统计计数器,各个计数器的寻址索引与其 FDL 地址一致。

2. 从站的用户接口

在 DP 从站中,用户接口通过从站的主-从 DDLM 功能和从站的本地 DDLM 功能与 DDLM 通信,用户接口被创建为数据接口,从站用户接口状态机实现对数据交换的监视。用户接口分析本地发生的 FDL 和 DDLM 错误并将结果放入 DDLM_Fault.ind 中。用户接口保持与实际应用过程之间的同步,并且该同步的实现依赖于一些功能的执行过程。在本地,同步由 3 个事件来触发:新的输入数据、诊断信息(Diag_Data)改变和通信接口配置改变。主站参数集中 Min_Slave_Interval 参数的值应根据 DP 系统中从站的性能来确定。

5.5 PROFIBUS-DP 的总线设备类型和数据通信

PROFIBUS-DP 支持高速通信并用于连接控制器和现场设备(如传感器和执行器)。PROFIBUS-DP 的设计旨在简化自动化系统的通信,提高数据传输的效率和可靠性。PROFIBUS-DP 总线设备类型和数据通信的要点如下。

(1) 总线设备类型。

① 主站(Master)。

1 类主站:通常是可编程逻辑控制器(PLC)或工业 PC,负责控制过程,周期性地执行数据交换,向从站发送控制命令,并读取从站状态。

2 类主站:通常用于工程和维护任务,如参数设置、项目配置、启动和诊断。2 类主站可以与 1 类主站并行工作,不参与周期性数据交换。

② 从站(Slave)。

从站设备包括传感器、执行器、驱动器等现场设备。它们接收来自主站的控制命令,并向主站报告状态或测量值。从站不会主动发起通信,只在主站请求时响应。

(2) 数据通信。

① 周期性通信。

主要用于过程数据的交换。1类主站周期性地轮询每个从站,发送控制命令并接收状态信息。这确保了实时性和同步性,适用于需要快速响应的自动化控制任务。

② 非周期性通信。

用于参数化、配置和诊断等任务。2类主站通常负责这些非实时的通信需求,可以在不干扰周期性数据交换的情况下,随时访问从站进行配置或故障诊断。

③ 实时性和确定性。

PROFIBUS-DP通过精确的总线访问控制和时间同步机制,保证了通信的实时性和确定性。这对于确保工业自动化系统中严格的时间要求至关重要。

④ 数据传输速率。

PROFIBUS-DP支持多种数据传输速率,从9.6kb/s到12Mb/s。高速传输能力使其适用于各种工业应用,包括那些需要高速数据交换的场景。

⑤ 地址分配。

PROFIBUS-DP网络中的每个设备都有一个唯一的地址。地址分配可以是手动进行的,也可以通过软件自动完成。正确的地址分配对于网络的顺利通信至关重要。

⑥ 通信协议和服务。

PROFIBUS-DP定义了一系列的通信协议和服务,包括数据交换格式、错误检测和纠正机制、设备状态监测等。这些协议和服务确保了数据通信的可靠性和效率。

基于PROFIBUS-DP为工业自动化领域提供了一种高效、可靠的通信解决方案,支持从简单的I/O设备控制到复杂的过程自动化和监控系统的广泛应用。

5.5.1 概述

PROFIBUS-DP协议是为自动化制造工厂中分散的I/O设备和现场设备所需要的高速数据通信而设计的。典型的DP配置是单主站结构,如图5-19所示。DP主站与DP从站间的通信基于主-从原理。也就是说,只有当主站请求时总线上的DP从站才可能活动。DP从站被DP主站按轮询表依次访问。DP主站与DP从站间的用户数据连续地交换,而并不考虑用户数据的内容。

在DP主站上处理轮询表的情况如图5-20所示。

DP主站与DP从站间的一个报文循环由DP主站发出的请求帧(轮询报文)和由DP从站返回的有关应答或响应帧组成。

由于按EN 50170标准规定的PROFIBUS节点在第1层和第2层的特性,一个DP系统也可能是多主结构。实际上,这就意味着一条总线上可能连接几个主站节点,在一个总线上DP主站/从站、FMS主站/从站和其他的主动节点或被动节点也可以共存,如图5-21所示。

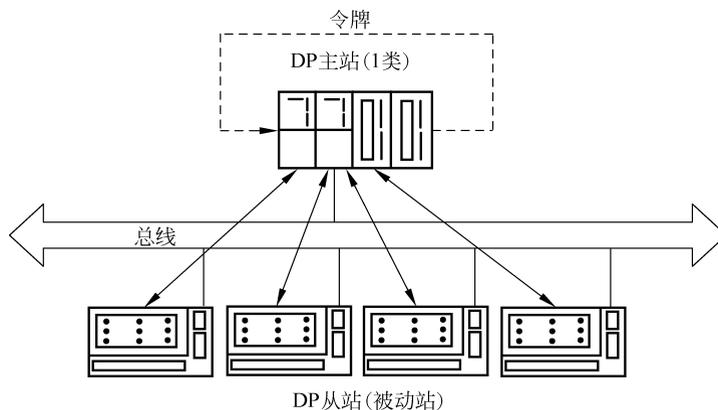


图 5-19 DP 单主站结构

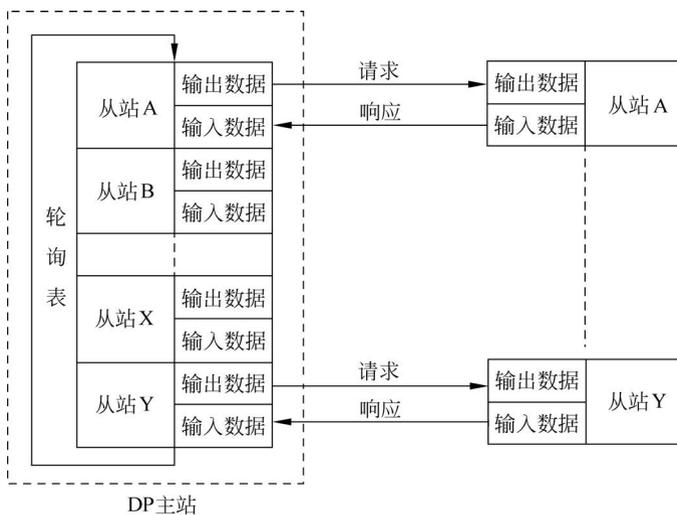


图 5-20 在 DP 主站上处理轮询表

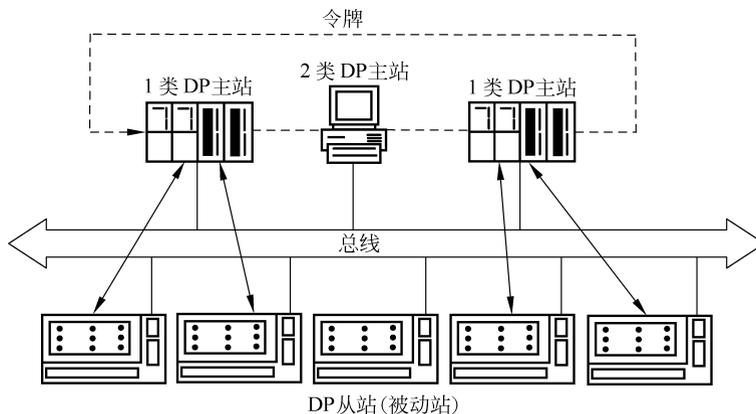


图 5-21 PROFIBUS-DP 多主站结构

5.5.2 DP 设备类型

在 PROFIBUS-DP 网络中,设备类型主要分为两大类:主站(Master)和从站(Slave)。这两类设备在网络中扮演不同的角色,以确保进行高效、可靠的数据通信。

1. DP 主站(1类)

1类 DP 主站循环地与 DP 从站交换用户数据。它使用如下的协议功能执行通信任务。

(1) Set_Prm 和 Chk_Cfg。

在启动、重新启动和数据传输阶段,DP 主站使用这些功能发送参数集给 DP 从站。对个别 DP 从站而言,其输入和输出数据的字节数在组态期间进行定义。

(2) Data_Exchange。

此功能循环地与指定给它的 DP 从站进行输入/输出数据交换。

(3) Slave_Diag。

在启动期间或循环的用户数据交换期间,用此功能读取 DP 从站的诊断信息。

(4) Global_Control。

DP 主站使用此控制命令将它的运行状态告知给各 DP 从站。此外,还可以将控制命令发送给个别从站或规定的 DP 从站组,以实现输出数据和输入数据的同步(使用 Sync 和 Freeze 命令)。

2. DP 从站

DP 从站只与装载此从站的参数并组态它的 DP 主站交换用户数据。DP 从站可以向此主站报告本地诊断中断和过程中断。

3. DP 主站(2类)

2类 DP 主站是编程装置、诊断和管理设备。除了已经描述的 1类主站的功能外,2类 DP 主站通常还支持下列特殊功能:

(1) RD_Inp 和 RD_Outp。

在与 1类 DP 主站进行数据通信的同时,利用这些功能可读取 DP 从站的输入数据和输出数据。

(2) Get_Cfg。

用此功能读取 DP 从站的当前组态数据。

(3) Set_Slave_Add。

此功能允许 DP 主站(2类)分配一个新的总线地址给一个 DP 从站。当然,此从站是支持这种地址定义方法的。

此外,2类 DP 主站还提供一些功能用于与 1类 DP 主站的通信。

4. DP 组合设备

可以将 1类 DP 主站、2类 DP 主站和 DP 从站组合在一个硬件模块中形成一个 DP 组合设备。实际上,这样的设备是很常见的。一些典型的设备组合如下:

(1) 1类 DP 主站与 2类 DP 主站的组合。

(2) DP 从站与 1类 DP 主站的组合。

5.5.3 DP 设备之间的数据通信

PROFIBUS-DP 旨在实现高速、可靠的数据通信。它特别适用于自动化和过程控制领域。PROFIBUS-DP 设备之间数据通信的要点如下：

(1) 主站与从站架构。

主站(Master)：通常是可编程逻辑控制器(PLC)或工业 PC，负责初始化通信、周期性地轮询从站，并处理从站发送的数据。

从站(Slave)：如传感器、执行器或驱动器，执行主站的命令，向主站报告其状态和测量数据。从站不会主动发起通信。

(2) 通信方式。

周期性通信：主站周期性地轮询每个从站，进行数据交换。这种方式用于实时控制任务，确保了通信的实时性和确定性。

非周期性通信：用于参数配置、诊断和监控等操作。这种通信可以由主站或特定的配置工具发起，不受周期性数据交换的影响。

(3) 数据交换模式。

输出数据：从主站到从站的数据，用于控制从站的行为(如设置执行器的状态)。

输入数据：从从站到主站的数据，包括传感器读数或从站的状态信息。

(4) 数据传输速率。

PROFIBUS-DP 支持多种数据传输速率，从 9.6kb/s 到 12Mb/s，以适应不同的应用需求和网络长度。

(5) 地址分配。

每个从站在 PROFIBUS-DP 网络中有一个唯一的地址，这使得主站能够识别并与特定的从站通信。

(6) 数据一致性。

通过使用循环冗余检查(CRC)和确认机制，PROFIBUS-DP 确保数据的准确性和一致性。

(7) 通信协议。

PROFIBUS-DP 定义了一套严格的通信协议，包括数据帧格式、错误处理和设备配置。

(8) 网络配置和诊断。

网络配置工具允许用户配置网络参数、设备地址和数据传输速率。同时，PROFIBUS-DP 支持网络诊断功能，帮助检测 and 解决网络问题。

(9) 互操作性。

由于遵循国际标准，不同制造商的 PROFIBUS-DP 设备可以在同一网络中互操作。

1. DP 通信关系和 DP 数据交换

按 PROFIBUS-DP 协议，通信作业的发起者称为请求方，而相应的通信伙伴称为响应方。所有 1 类 DP 主站的请求报文以第 2 层中的“高优先权”(High_Priority)报文服务级别

处理。与此相反,由 DP 从站发出的响应报文使用第 2 层中的“低优先权”(Low_Priority)报文服务级别。DP 从站可将当前出现的诊断中断或状态事件通知给 DP 主站,仅在此刻,可通过将 Data_Exchange 的响应报文服务级别从低优先权改变为高优先权来实现。数据的传输是非连接的一对一或一对多连接(仅控制命令和交叉通信)。表 5-2 列出了 DP 主站和 DP 从站的通信能力,按请求方和响应方分别列出。

表 5-2 各类 DP 设备间的通信关系

功能/服务 依据 EN 50170	DP-从站		DP 主站(1类)		DP 主站(2类)		使用的 SAP 号	使用的 第 2 层服务
	Requ	Resp	Requ	Resp	Requ	Resp		
Data-Exchange		M	M		O		缺省 SAP	SRD
RD-Inp		M			O		56	SRD
RD_Outp		M			O		57	SRD
Slave_Diag		M	M		O		60	SRD
Set_Prm		M	M		O		61	SRD
Chk_Cfg		M	M		O		62	SRD
Get_Cfg		M			O		59	SRD
Global_Control		M	M		O		58	SDN
Set_Slave_Add		O			O		55	SRD
M_M_Communication			O	O	O	O	54	SRD/SDN
DPV1 Services		O	O		O		51/50	SRD

注: Requ=请求方,Resp=响应方,M=强制性功能,O=可选功能。

2. 初始化阶段,重新启动和用户数据通信

在 DP 主站可以与从站设备交换用户数据之前,DP 主站必须定义 DP 从站的参数并组态此从站。为此,DP 主站首先检查 DP 从站是否在总线上。如果是,则 DP 主站通过请求从站的诊断数据来检查 DP 从站的准备情况。当 DP 从站报告它已准备好参数定义时,则 DP 主站装载参数集和组态数据。DP 主站再请求从站的诊断数据以查明从站是否准备就绪。只有在这些工作完成后,DP 主站才开始循环地与 DP 从站交换用户数据。

DP 从站初始化阶段的主要顺序如图 5-22 所示。

(1) 参数数据(Set_Prm)。

参数集包括预定给 DP 从站的重要的本地和全局参数、特征和功能。为了规定和组态从站参数,通常使用装有组态工具的 DP 主站来进行。若使用直接组态方法,则需填写由组态软件的图形用户接口提供的对话框。若使用间接组态方法,则要用组态工具存取当前的参数和有关 DP 从站的 GSD 数据。参数报文的结构包括 EN 50170 标准规定的部分,必要时还包括 DP 从站和制造商特指的部分。参数报文的长度不能超过 244B。以下列出了最重要的参数报文的內容。

① Station Status。

Station Status 包括与从站有关的功能和设定。例如,它规定了定时监视器(Watchdog)是否要被激活,它还规定了是否允许其他 DP 主站存取此 DP 从站。

② Watchdog。

Watchdog(定时监视器,“看门狗”)检查 DP 主站的故障。如果定时监视器被启用,且

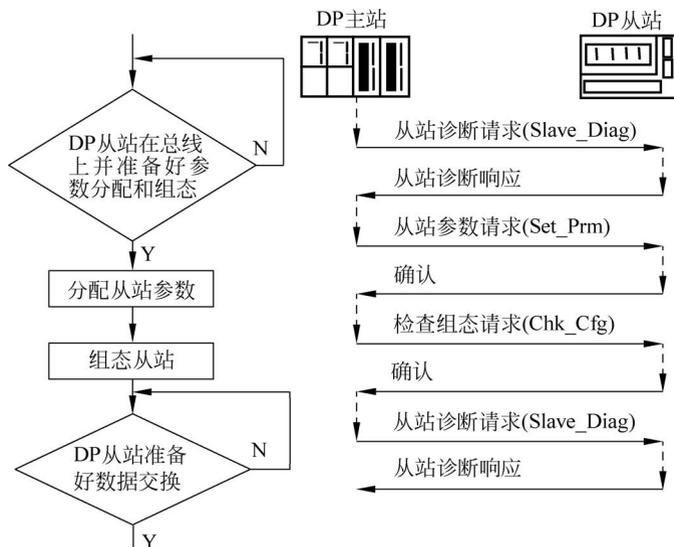


图 5-22 DP 从站初始化阶段的主要顺序

DP 从站检查出 DP 主站有故障,则本地输出数据被删除或进入规定的安全状态(替代值被传送给输出)。在总线上运行的一个 DP 从站,可以带定时监视器也可以不带。根据总线配置和所选用的传输速率,组态工具建议此总线配置可以使用的定时监视器的时间。

③ Ident_Number。

DP 从站的标识号(Ident_Number)是由 PNO 在认证时规定的。DP 从站的标识号放在此设备的主要文件中。只有当参数报文中的标识号与此 DP 从站本身的标识号一致时,此 DP 从站才接收此参数报文。这样就防止了偶尔出现的从站设备的错误参数定义。

④ Group_Ident。

Group_Ident 可将 DP 从站分组组合,以便使用 Sync 和 Freeze 控制命令。最多可允许组成 8 组。

⑤ User_Prm_Data。

DP 从站参数数据(User_Prm_Data)为 DP 从站规定了有关应用数据。例如,这可能包括默认设定或控制器参数。

(2) 组态数据(Chk_Cfg)。

在组态数据报文中,DP 主站发送标识符格式给 DP 从站,这些标识符格式告知 DP 从站要被交换的输入/输出区域的范围和结构。这些区域(也称“模块”)是按 DP 主站和 DP 从站约定的字节或字结构(标识符格式)形式定义的。标识符格式允许指定各模块的输入/输出区域。当定义组态报文时,必须依据 DP 从站设备类型考虑下列特性:

- ① DP 从站有固定的输入/输出区域。
- ② 依据配置,DP 从站有动态的输入/输出区域。
- ③ DP 从站的输入/输出区域由此 DP 从站及其制造商特指的标识符格式来规定。

那些包括连续的信息而又不能按字节或字结构安排的输入/输出数据区域被称为“连续的”数据。例如,它们包含用于闭环控制器的参数区域或用于驱动控制的参数集。使用特殊的标识符格式(与 DP 从站和制造商有关的)可以规定最多 64 个字节或字的输入/输出数据区域(模块)。DP 从站可使用的输入/输出域(模块)存放在设备描述文件(GSD 文件)中。在组态此 DP 从站时它们将由组态工具推荐给用户。

(3) 诊断数据(Slave_Diag)。

在启动阶段,DP 主站使用请求诊断数据来检查 DP 从站是否存在以及是否准备好接收参数信息。

(4) 用户数据(Data_Exchange)。

DP 从站在验证接收到的参数和配置信息无误且符合主站要求后,会发送诊断数据,表明已准备好周期性地交换用户数据。此后,DP 主站与从站将开始交换配置的用户数据。期间,DP 从站只响应为其定义参数并进行配置的特定 DP 主站的数据交换请求帧,而拒绝其他所有非指定的用户数据请求,确保仅传输关键的相关数据。

DP 主站与 DP 从站循环交换用户数据如图 5-23 所示。DP 从站报告当前的诊断中断如图 5-24 所示。

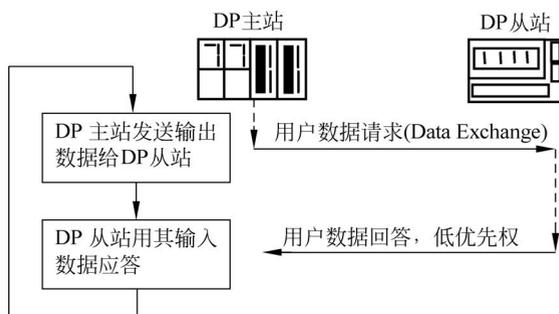


图 5-23 DP 主站与 DP 从站循环交换用户数据

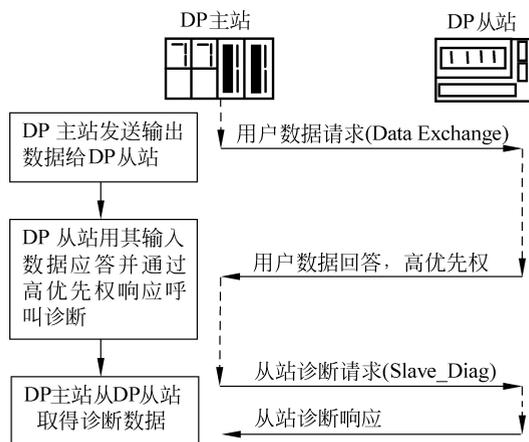


图 5-24 DP 从站报告当前的诊断中断

在图 5-24 中,DP 从站可以使用将应答时的报文服务级别从低优先权改变为高优先权来告知 DP 主站当前的诊断中断或现有的状态信息。然后,DP 主站在诊断报文中作出一个由 DP 从站发来的实际诊断或状态信息请求。在获取诊断数据之后,DP 从站和 DP 主站返回到交换用户数据状态。使用请求/响应报文,DP 主站与 DP 从站可以双向交换最多 244B 的用户数据。

5.5.4 设备描述(GSD)文件

PROFIBUS 设备具有不同的性能特征,特性的不同在于现有功能(即 I/O 信号的数量和诊断信息)的不同或可能的总线参数,如波特率和时间的监控不同。这些参数对每种设备类型和每家生产厂商来说均各有差别,为达到 PROFIBUS 简单的即插即用配置,这些特性均在电子数据单中具体说明,有时称为设备描述文件。标准化的 GSD 数据将通信扩大到操作员控制一级,使用基于 GSD 的组态工具可将不同厂商生产的设备集成在一个总线系统中。

GSD 以一种准确定义的格式对一种设备类型的特性给出了全面而明确的描述。GSD 文件由生产厂商分别针对每一种设备类型准备并以设备数据库清单的形式提供给用户,这种明确定义的文件格式便于读出任何一种 PROFIBUS-DP 设备的设备描述文件,并且在组态总线系统时自动使用这些信息。GSD 分为以下 3 部分。

(1) 总体说明。

包括厂商和设备名称、软硬件版本情况、支持的波特率、可能的监控时间间隔及总线插头的信号分配。

(2) DP 主站相关规格。

包括所有只适用于 DP 主站的参数(例如,可连接的从站的最多台数或加载和卸载能力)。从设备没有这些规定。

(3) 从站的相关规格。

包括与从站有关的所有规定(例如,I/O 通道的数量和类型、诊断测试的规格及 I/O 数据的一致性信息)。

每种类型的 DP 从站和每种类型的 1 类 DP 主站都有一个标识号。主站用此标识号识别哪种类型设备连接后不产生协议的额外开销。主站将所连接的 DP 设备的标识号与在组态数据中用组态工具指定的标识号进行比较,直到具有正确地址的设备类型连接到总线上后,用户数据才开始传输。这可避免组态错误,从而大大提高安全级别。

5.6 PROFIBUS 通信用 ASIC

SIEMENS 公司提供的 PROFIBUS 通信用 ASIC 主要有 DPC31、LSPM2、SPC3、SPC41 和 ASPC2。

其中一些 PROFIBUS 通信用 ASIC 内置 Intel 80C31 内核 CPU; 供电电源有 5V 或 3.3V; 一些 PROFIBUS 通信控制器需要外加微控制器; 一些 PROFIBUS 通信用 ASIC 不

需要外加微控制器,但均支持 DP/FMS/PA 通信协议中的一种或多种。

由于 AMIS Holdings, Inc. 被安森美半导体公司(ON Semiconductor Corporation)收购,PROFIBUS 通信控制器 ASPC2、DPC31 STEP C1 和 SPC3 ASIC 的标签已于 2009 年 3 月使用新的安森美半导体公司的 ON 标志代替之前的 AMIS 标志,标签的更改对于部件的功能性和兼容性没有影响。

5.6.1 SPC3 从站通信控制器

SPC3 从站通信控制器具有如下特点:

- (1) ASIC 芯片 SPC3 是一种用于从站的智能通信芯片,支持 PROFIBUS-DP 协议。
- (2) SPC3 具有 1.5KB 的信息报文存储器。
- (3) SPC3 可独立完成全部 PROFIBUS-DP 通信功能,这样可加速通信协议的执行,而且可以减少接口模板微处理器中的软件程序。总线存取由硬件驱动,数据传送来自一个 1.5KB 的 DPRAM。

SPC3 从站通信控制器主要技术指标如下:

- (1) 支持 PROFIBUS-DP 协议。
- (2) 最大数据传输速率 12Mb/s,可自动检测并调整数据传输速率。
- (3) 与 80C32、80C166 和 HC11、HC16 系列芯片兼容。
- (4) 44 引脚的 PQFP 封装。
- (5) 可独立处理 PROFIBUS-DP 通信协议。
- (6) 集成的 WDT(Watch Dog Timer)。
- (7) 外部时钟接口 24MHz 或 48MHz。
- (8) 5VDC 供电。

5.6.2 ASPC2 主站通信控制器

ASPC2 主站通信控制器具有如下特点:

(1) ASIC 芯片 ASPC2 是一种用于主站的智能通信芯片,支持 PROFIBUS-DP 和 PROFIBUS-FMS 协议。通过段耦合器也可接 PROFIBUS-PA。这种芯片可使可编程程序控制器、PC、驱动控制器、人机接口等设备减轻通信任务负担。

(2) ASPC 2 采用 100 引脚的 MQFP 封装。如果用于本征安全场合,那么还需要一个外界信号转换器(如段耦合器等)才能接到 PROFIBUS-PA 上。

(3) ASPC 2 可完成信息报文、地址码、备份数据序列的处理。ASPC 2 与相关固态程序可支持 PROFIBUS-FMS/DP 的全部协议。ASPC2 可寻址 1MB 的外部信息报文存储器。总线存取驱动由硬件完成。ASPC2 需要一个独立的微处理器和必要的固态程序一起工作。ASPC2 可以方便地连接到所有标准类型的微处理器上。

ASPC2 主站通信控制器主要技术指标如下:

- (1) 支持 PROFIBUS-DP、PROFIBUS-FMS 和 PROFIBUS-PA 协议。
- (2) 最大数据传输速率 12Mb/s。

- (3) 最多可连接 125 个主动/被动站点。
- (4) 100 引脚的 MQFP 封装。
- (5) 16 位数据线, 2 个中断线。
- (6) 可寻址 1MB 的外部信息报文存储器。
- (7) 功能支持: Ident、request FDL status、SDN、SDA、SRD、带有分布式数据库的 SDR、SM。
- (8) 5VDC 供电, 最大功率损耗 0.8W。

5.7 PROFIBUS-DP 从站通信控制器 SPC3

SPC3(Serial Peripheral Controller 3)是 SIEMENS 公司开发的一款专用于 PROFIBUS-DP 从站通信的微控制器。它被设计用于简化从站设备的实现和提高其在 PROFIBUS-DP 网络中的通信效率。

5.7.1 SPC3 功能简介

SPC3 为 PROFIBUS 智能从站提供了廉价的配置方案, 可支持多种处理器。与 SPC2 相比, SPC3 存储器内部管理和组织有所改进, 并支持 PROFIBUS_DP。

SPC3 只集成了传输技术的部分功能, 而没有集成模拟功能(RS-485 驱动器)、FDL(现场总线数据链路, Fieldbus Data Link)传输协议。它支持接口功能、FMA 功能和整个 DP 从站协议。第二层的其余功能(软件功能和管理)需要通过软件来实现。

SPC3 内部集成了 1.5KB 的双口 RAM 作为 SPC3 与软件/程序的接口。整个 RAM 被分为 192 段, 每段 8 字节。用户寻址由内部 MS(Microsequencer)通过基址指针(Base-Pointer)来实现。基址指针可位于存储器的任何段。所以, 任何缓存都必须位于段首。

如果 SPC3 工作在 DP 方式下, 那么 SPC3 将自动完成所有的 DP-SAP 的设置。在数据缓冲区生成各种报文(如参数数据和配置数据), 为数据通信提供 3 个可变的缓存器、2 个输出、1 个输入。通信时经常用到变化的缓存器, 因此不会发生任何资源问题。SPC3 为最佳诊断提供两个诊断缓存器, 用户可存入刷新的诊断数据。在这个过程中, 有一个诊断缓存总是分配给 SPC3。

总线接口是一种参数化的 8 位同步/异步接口, 可使用各种 Intel 和 Motorola 处理器/微处理器。用户可通过 11 位地址总线直接访问 1.5KB 的双口 RAM 或参数存储器。

处理器上电后, 程序参数(站地址、控制位等)必须传送到参数寄存器和方式寄存器。

任何时候状态寄存器都能监视 MAC 的状态。

各种事件(诊断、错误等)都能进入中断寄存器, 通过屏蔽寄存器使能, 然后通过响应寄存器响应。SPC3 有一个共同的中断输出。

看门狗定时器有 3 种状态: Baud_Search、Baud_Control、Dp_Control。

微顺序控制器(MS)控制整个处理过程。

程序参数(缓存器指针、缓存器长度、站地址等)和数据缓存器包含在内部 1.5KB 的双口 RAM 中。

在 UART 中,并行、串行数据相互转换,SPC3 能自动调整波特率。
空闲定时器(Idle Timer)直接控制串行总线的时序。

5.7.2 SPC3 引脚说明

SPC3 为 44 引脚 PQFP 封装,引脚说明如表 5-3 所示。

表 5-3 SPC3 引脚说明

引 脚	引 脚 名 称	描 述	
1	XCS	片选	C32 方式: 接 V_{DD}
			C165 方式: 片选信号
2	XWR/E_Clock	写信号/EI_CLOCK 对 Motorola 总线时序	
3	DIVIDER	设置 CLKOUT2/4 的分频系数 低电平表示 4 分频	
4	XRD/R_W	读信号/Read_Write Motorola	
5	CLK	时钟脉冲输入	
6	V_{SS}	地	
7	CLKOUT2/4	2 或 4 分频时钟脉冲输出	
8	XINT/MOT	< log > 0=Intel 接口 < log > 1=Motorola 接口	
9	X/INT	中断	
10	AB10	地址总线	C32 方式: < log > 0 C165 方式: 地址总线
11	DB0	数据总线	C32 方式: 数据/地址复用 C165 方式: 数据/地址分离
12	DB1		
13	XDATAEXCH	PROFIBUS-DP 的数据交换状态	
14	XREADY/XDTACK	外部 CPU 的准备好信号	
15	DB2	数据总线	C32 方式: 数据地址复用 C165 方式: 数据地址分离
16	DB3		
17	V_{SS}	地	
18	V_{DD}	电源	
19	DB4	数据总线	C32 方式: 数据地址复用 C165 方式: 数据地址分离
20	DB5		
21	DB6		
22	DB7		
23	MODE	< log > 0=80c166 数据地址总线分离; 准备信号 < log > 1=80c32 数据地址总线复用; 固定定时	
24	ALE/AS	地址锁存使能	C32 方式: ALE C165 方式: < LOG > 0
25	AB9	地址总线	C32 方式: < LOG > 0 C165 方式: 地址总线
26	TXD	串行发送端口	

续表

引 脚	引 脚 名 称	描 述	
27	RTS	请求发送	
28	V _{SS}	地	
29	AB8	地址总线	C32 方式: <LOG> 0 C165 方式: 地址总线
30	RXD	串行接收端口	
31	AB7	地址总线	
32	AB6	地址总线	
33	XCTS	清除发送<LOG> 0=发送使能	
34	XTEST0	必须接 V _{DD}	
35	XTEST1	必须接 V _{DD}	
36	RESET	接 CPU RESET 输入	
37	AB4	地址总线	
38	V _{SS}	地	
39	V _{DD}	电源	
40	AB3	地址总线	
41	AB2	地址总线	
42	AB5	地址总线	
43	AB1	地址总线	
44	AB0	地址总线	

注意: (1) 所有以 X 开头的信号均为低电平有效。

(2) V_{DD} = +5V, V_{SS} = GND。

5.7.3 SPC3 存储器分配

SPC3 内部 1.5KB 双口 RAM 的分配如表 5-4 所示。

表 5-4 SPC3 内存分配

地 址	功 能	
000H	处理器参数锁存器/寄存器(22B)	内部工作单元
016H	组织参数(42B)	
040H ⋮ 5FFH	DP 缓存器	Data In(3) * Data Out(3) ** Diagnostics(2) Parameter Setting Data(1) Configuration Data(2) Auxiliary Buffer(2) SSA-Buffer(1)

注: HW 禁止超出地址范围,也就是说,如果用户写入或读取超出存储器末端,用户将得到一个新的地址,即原地址减去 400H。禁止覆盖处理器参数,在这种情况下,SPC3 产生一个访问中断。如果由于 MS 缓冲器初始化有误导致地址超出范围,也会产生这种中断。

* Date In 指数据由 PROFIBUS 从站到主站。

** Date Out 指数据由 PROFIBUS 主站到从站。

内部锁存器/寄存器位于前 22 字节,用户可以读取或写入。一些单元只读或只写,用户不能访问的内部工作单元也位于该区域。

组织参数位于以 16H 开始的单元,这些参数会影响整个缓存区(主要是 DP-SAP)的使用。另外,一般参数(站地址、标识号等)和状态信息(全局控制命令等)都存储在这些单元中。

与组织参数的设定一致,用户缓存(User-Generated Buffer)位于 40H 开始的单元,所有的缓存器都开始于段地址。

SPC3 的整个 RAM 被划分为 192 段,每段包括 8 字节,物理地址是按 8 的倍数建立的。

1. 处理器参数(锁存器/寄存器)

这些单元为只读或只写,在 Motorola 方式下 SPC3 访问 00H~07H 单元(字寄存器),此时将进行地址交换,也就是高低字节交换。内部参数锁存器分配如表 5-5 和表 5-6 所示。

表 5-5 内部参数锁存器分配(读)

地址 (Intel/Motorola)		名称	位号	说明(读访问)
00H	01H	Int_Req_Reg	7..0	中断控制寄存器
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	状态寄存器
05H	04H	Status_Reg	15..8	状态寄存器
06H	07H	Reserved		保留
07H	06H			
08H		Din_Buffer_SM	7..0	Dp_Din_Buffer_State_Machine 缓存器设置
09H		New_DIN_Buffer_Cmd	1..0	用户在 N 状态下得到可用的 DP Din 缓存器
0AH		DOUT_Buffer_SM	7..0	DP_Dout_Buffer_State_Machine 缓存器设置
0BH		Next_DOUT_Buffer_Cmd	1..0	用户在 N 状态下得到可用的 DP Dout 缓存器
0CH		DIAG_Buffer_SM	3..0	DP_Diag_Buffer_State_Machine 缓存器设置
0DH		New_DIAG_Buffer_Cmd	1..0	SPC3 中用户得到可用的 DP Diag 缓存器
0EH		User_Prm_Data_OK	1..0	用户肯定响应 Set_Param 报文的参数设置数据
0FH		User_Prm_Data_NOK	1..0	用户否定响应 Set_Param 报文的参数设置数据
10H		User_Cfg_Data_OK	1..0	用户肯定响应 Check_Config 报文的配置数据
11H		User_Cfg_Data_NOK	1..0	用户否定响应 Check_Config 报文的配置数据
12H		Reserved		保留
13H		Reserved		保留
14H		SSA_Bufferfreecmd		用户从 SSA 缓存器中得到数据并重新使该缓存器使能
15H		Reserved		保留

表 5-6 内部参数锁存器分配(写)

地址(Intel/Motorola)		名称	位号	说明(写访问)
00H	01H	Int_Req_Reg	7..0	中断控制寄存器
01H	00H	Int_Req_Reg	15..8	
02H	03H	Int_Ack_Reg	7..0	
03H	02H	Int_Ack_Reg	15..8	
04H	05H	Int_Mask_Reg	7..0	
05H	04H	Int_Mask_Reg	15..8	
06H	07H	Mode_Reg0	7..0	对每位设置参数
07H	06H	Mode_Reg0_S	15..8	
08H		Mode_Reg1_S	7..0	
09H		Mode_Reg1_R	7..0	
0AH		WD Baud Ctrl Val	7..0	波特率监视基值(root value)
0BH		MinTsdr_Val	7..0	从站响应前应该等待的最短时间
0CH		保留		
0DH				
0EH				
0FH		保留		
10H				
11H				
12H				
13H				
14H				
15H				

2. 组织参数(RAM)

用户把组织参数存储在特定的内部 RAM 中,用户可读也可写。组织参数说明如表 5-7 所示。

表 5-7 组织参数说明

地 址 (Intel/Motorola)		名称	位号	说 明
16H		R_TS_Adr	7..0	设置 SPC3 相关从站地址
17H		保留		默认为 0FFH
18H	19H	R_User_WD_Value	7..0	16 位看门狗定时器的值,DP 方式下监视用户
19H	18H	R_User_WD_Value	15..8	
1AH		R_Len_Dout_Buf		3 个输出数据缓存器的长度
1BH		R_Dout_Buf_Ptr1		输出数据缓存器 1 的段基值
1CH		R_Dout_Buf_Ptr2		输出数据缓存器 2 的段基值
1DH		R_Dout_Buf_Ptr3		输出数据缓存器 3 的段基值
1EH		R_Len_Din_Buf		3 个输入数据缓存器的长度
1FH		R_Din_Buf_Ptr1		输入数据缓存器 1 的段基值

续表

地 址 (Intel/Motorola)	名 称	位 号	说 明
20H	R_Din_Buf_Ptr2		输入数据缓存器 2 的段基值
21H	R_Din_Buf_Ptr3		输入数据缓存器 3 的段基值
22H	保留		默认为 00H
23H	保留		默认为 00H
24H	R_Len_Diag_Buf1		诊断缓存器 1 的长度
25H	R_Len_Diag_Buf2		诊断缓存器 2 的长度
26H	R_Diag_Buf_Ptr1		诊断缓存器 1 的段基值
27H	R_Diag_Buf_Ptr2		诊断缓存器 2 的段基值
28H	R_Len_Cntrl_Buf1		辅助缓存器 1 的长度,包括控制缓存器,如 SSA_Buf、Prm_Buf、Cfg_Buf、Read_Cfg_Buf
29H	R_Len_Cntrl_Buf2		辅助缓存器 2 的长度,包括控制缓存器,如 SSA_Buf、Prm_Buf、Cfg_Buf、Read_Cfg_Buf
2AH	R_Aux_Buf_Sel		Aux_buffers1/2 可被定义为控制缓存器,如 SSA_Buf、Prm_Buf、Cfg_Buf
2BH	R_Aux_Buf_Ptr1		辅助缓存器 1 的段基值
2CH	R_Aux_Buf_Ptr2		辅助缓存器 2 的段基值
2DH	R_Len_SSA_Data		在 Set_Slave_Address_Buffer 中输入数据的长度
2EH	R_SSA_Buf_Ptr		Set_Slave_Address_Buffer 的段基值
2FH	R_Len_Prm_Data		在 Set_Param_Buffer 中输入数据的长度
30H	R_Prm_Buf_Ptr		Set_Param_Buffer 段基值
31H	R_Len_Cfg_Data		在 Check_Config_Buffer 中的输入数据的长度
32H	R_Cfg_Buf_Ptr		Check_Config_Buffer 段基值
33H	R_Len_Read_Cfg_Data		在 Get_Config_Buffer 中的输入数据的长度
34H	R_Read_Cfg_Buf_Ptr		Get_Config_Buffer 段基值
35H	保留		默认为 00H
36H	保留		默认为 00H
37H	保留		默认为 00H
38H	保留		默认为 00H
39H	R_Real_No_Add_Change		这一参数规定了 DP 从站地址是否可改变
3AH	R_Ident_Low		标识号低位的值
3BH	R_Ident_High		标识号高位的值
3CH	R_GC_Command		最后接收的 Global_Control_Command
3DH	R_Len_Spec_Prm_Buf		如果设置了 Spec_Prm_Buffer_Mode,这一单元定义为参数缓存器的长度

5.7.4 PROFIBUS-DP 接口

下面是 DP 缓存器结构。

DP_Mode=1 时,SPC3 DP 方式使能。在这个过程中,下列 SAP 服务于 DP 方式。

Default SAP:	数据交换(Write_Read_Data)
SAP53:	保留
SAP55:	改变站地址(Set_Slave_Address)
SAP56:	读输入(Read_Inputs)
SAP57:	读输出(Read_Outputs)
SAP58:	DP 从站的控制命令(Global_Control)
SAP59:	读配置数据(Get_Config)
SAP60:	读诊断信息(Slave_Diagnosis)
SAP61:	发送参数设置数据(Set_Param)
SAP62:	检查配置数据(Check_Config)

DP 从站协议完全集成在 SPC3 中,并独立执行。用户必须相应地参数化 ASIC,处理和响应传送报文。除了 Default SAP、SAP56、SAP57 和 SAP58,其他的 SAP 一直使能,这 4 个 SAP 在 DP 从站状态机制进入数据交换状态才使能。用户也可以使 SAP55 无效,这时相应的缓存器指针 R_SSA_Buf_Ptr 设置为 00H。在 RAM 初始化时已设置过使 DDB 单元无效。

用户在离线状态下配置所有的缓存器(长度和指针),在操作中除了 Dout/Din 缓存器长度外,其他的缓存配置不可改变。

用户在配置报文以后(Check_Config),等待参数化时,仍可改变这些缓存器。在数据交换状态下只可接收相同的配置。

输出数据和输入数据都有 3 个长度相同的缓存器可用,这些缓存器的功能是可变的。一个缓存器分配给 D(数据传输),一个缓存器分配给 U(用户),第三个缓存器出现在 N(Next State)或 F(Free State)状态,然而其中一个状态不常出现。

两个诊断缓存器长度可变。一个缓存器分配给 D,用于 SPC3 发送数据;另一个缓存器分配给 U,用于准备新的诊断数据。

SPC3 首先将不同的参数设置报文(Set_Slave_Address 和 Set_Param)和配置报文(Check_Config),读取到辅助缓存 1 和辅助缓存 2 中。

与相应的目标缓存器交换数据(SSA 缓存器,PRM 缓存器,CFG 缓存器)时,每个缓存器必须有相同的长度,用户可在 R_Aux_Puf_Sel 参数单元定义使用哪一个辅助缓存。辅助缓存器 1 一直可用,辅助缓存器 2 可选。如果 DP 报文的数据不同,比如设置参数报文长度大于其他报文,则使用辅助缓存器 2(Aux_Sel_Set_Param=1),其他的报文则通过辅助缓存器 1 读取(Aux_Sel_Set_Param)。如果缓存器太小,那么 SPC3 将给出“无资源”响应。

用户可用 Read_Cfg 缓存器读取 Get_Config 缓存中的配置数据,但二者必须有相同的长度。

在 D 状态下可从 Din 缓存器中进行 Read_Input_Data 操作。在 U 状态下可从 Dout 缓存中进行 Read_Output_Data 操作。

由于 SPC3 内部只有 8 位地址寄存器,因此所有的缓存器指针都是 8 位段地址。访问 RAM 时,SPC3 将段地址左移 3 位与 8 位偏移地址相加(得到 11 位物理地址)。关于缓存器的起始地址,在这 8 个字节中是明确规定的。

5.7.5 SPC3 输入/输出缓冲区的状态

SPC3 输入缓冲区有 3 个,并且长度一样;输出缓冲区也有 3 个,长度也一样。输入/输出缓冲区都有 3 个状态,分别是 U、N 和 D。在同一时刻,各个缓冲区处于不同的状态。SPC3 的 08H~0BH 寄存器单元表明了各个缓冲区的状态,并且表明了当前用户可用的缓冲区。U 状态的缓冲区分配给用户使用,D 状态的缓冲区分配给总线使用,N 状态是 U、D 状态的中间状态。

SPC3 输入/输出缓冲区 U-D-N 状态的相关寄存器如下:

- (1) 寄存器 08H(Din_Buffer_SM 7..0),各个输入缓冲区的状态。
- (2) 寄存器 09H(New_Din_Buffer_Cmd 1..0),用户通过这个寄存器从 N 状态下得到可用的输入缓冲区。
- (3) 寄存器 0AH(Dout_Buffer_SM 7..0),各个输出缓冲区的状态。
- (4) 寄存器 0BH(Next_Dout_Buffer_Cmd 1..0),用户从最近的处于 N 状态的输出缓冲区中得到输出缓冲区。

SPC3 输入/输出缓冲区 U-D-N 状态的转变如图 5-25 所示。

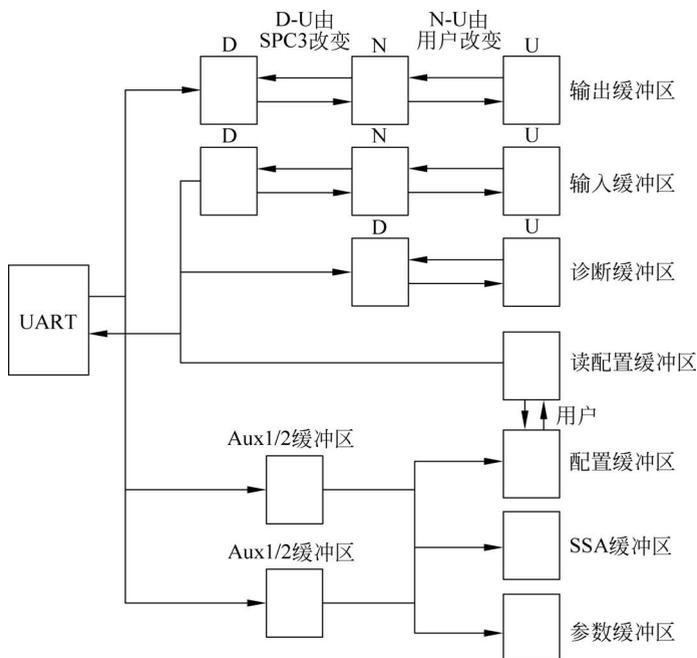


图 5-25 SPC3 输入/输出缓冲区 U-D-N 状态的转变

1. 输出数据缓冲区状态的转变

当持有令牌的 PROFIBUS-DP 主站向本地从站发送输出数据时, SPC3 在 D 缓存中读取接收到的输出数据, 当 SPC3 接收到的输出数据没有错误时, 就将新填充的缓冲区从 D 状态转到 N 状态, 并且产生 DX_OUT 中断, 这时用户读取 Next_Dout_Buffer_Cmd 寄存器, 处于 N 状态的输出缓冲区由 N 状态变到 U 状态, 用户同时知道哪一个输出缓冲区处于 U 状态, 通过读取输出缓冲区得到当前输出数据。

如果用户程序循环时间短于总线周期时间, 也就是说, 用户非常频繁地查询 Next_Dout_Buffer_Cmd 寄存器, 那么用户使用 Next_Dout_Buffer_Cmd 在 N 状态下得不到新缓存, 因此, 缓存器的状态将不会发生变化。在 12Mb/s 数据传输速率的情况下, 用户程序循环时间长于总线周期时间, 这就有可能使用户在取得新缓存之前, 在 N 状态下能得输出数据, 保证了用户能得到最新的输出数据。但是在数据传输速率比较低的情况下, 只有在主站得到令牌, 并且与本地从站通信后, 用户才能在输出缓冲区中得到最新数据, 如果从站比较多, 输入/输出的字节数又比较多, 那么用户得到最新数据通常要花费很长的时间。

用户可以通过读取 Dout_Buffer_SM 寄存器的状态, 查询各个输出缓冲区的状态。共有 4 种状态: 无(Nil)、Dout_Buf_ptr1~Dout_Buf_ptr3, 表明各个输出缓冲区处于什么状态。Dout_Buffer_SM 寄存器定义如表 5-8 所示。

表 5-8 Dout_Buffer_SM 寄存器定义

地 址	位	状态	值	编 码
寄存器 0AH	7	F	X1	X1 X2
	6		X2	
	5	U	X1	0 0: 无
	4		X2	0 1: Dout_Buf_Prt1
	3	N	X1	1 0: Dout_Buf_Prt2
	2		X2	1 1: Dout_Buf_Prt3
	1	D	X1	
	0		X2	

用户读取 Next_Dout_Buffer_Cmd 寄存器, 可得到交换后哪一个缓存处于 U 状态, 即属于用户, 或者没有发生缓冲区变化。然后用户可以从处于 U 状态的输出数据缓冲区中得到最新的输出数据。Next_Dout_Buffer_Cmd 寄存器定义如表 5-9 所示。

2. 输入数据缓冲区状态的转变

输入数据缓冲区有 3 个, 长度一样(初始化时已经规定), 输入数据缓冲区也有 3 个状态, 即 U、N 和 D。同一时刻, 3 个缓冲区处于不同的状态, 即一个缓冲区处于 U, 一个处于 N, 一个处于 D。处于 U 状态的缓冲区用户可以使用, 并且在任何时候用户都可更新。处于 D 状态的缓冲区 SPC3 使用, 也就是 SPC3 将输入数据从处于该状态的缓冲区中发送到主站。

SPC3 从 D 缓存中发送输入数据。在发送以前, 处于 N 状态的输入缓冲区转为 D 状态, 同时处于 U 状态的输入缓冲区变为 N 状态, 原来处于 D 状态的输入缓冲区变为 U 状态, 处于 D 状态的输入缓冲区中的数据发送到主站。

表 5-9 Next_Dout_Buffer_Cmd 寄存器定义

地 址	位	状 态	编 码
寄存器 0BH	7	0	
	6	0	
	5	0	
	4	0	
	3	U_Buffer_cleared	0: U 缓冲区包含数据 1: U 缓冲区被清除
	2	State_U_buffer	0: 没有 U 缓冲区 1: 存在 U 缓冲区
	1	Ind_U_buffer	00: 无 01: Dout_Buf_ptr1 10: Dout_Buf_ptr2 11: Dout_Buf_ptr3
	0		

用户可使用 U 状态下的输入缓冲区,通过读取 New_Din_Buffer_Cmd 寄存器,用户可以知道哪一个输入缓冲区属于用户。如果用户赋值周期时间短于总线周期时间,将不会发送每次更新的输入数据,只能发送最新的数据。但在 12Mb/s 传输速率的情况下,用户赋值时间长于总线周期时间,在此时间内,用户可多次发送当前的最新数据。但是在传输速率比较低的情况下,不能保证每次更新的数据能及时发送。用户把输入数据写入处于 U 状态的输入缓冲区,只有 U 状态变为 N 状态,再变为 D 状态,然后 SPC3 才能将该数据发送到主站。

用户可以通过读取 Din_Buffer_SM 寄存器的状态,查询各个输入缓冲区的状态。共有 4 种值:无(Nil)、Din_Buf_ptr1~Din_Buf_ptr 3,表明了各个输入缓冲区处于什么状态。Din_Buffer_SM 寄存器定义如表 5-10 所示。

表 5-10 Din_Buffer_SM 寄存器定义

地 址	位	状 态	值	编 码
寄存器 08H	7	F	X1	X1 X2 0 0: 无 0 1: Din_Buf_Prt1 1 0: Din_Buf_Prt2 1 1: Doin_Buf_Prt3
	6		X2	
	5	U	X1	
	4		X2	
	3	N	X1	
	2		X2	
	1	D	X1	
	0		X2	

读取 New_Din_Buffer_Cmd 寄存器,用户可得到交换后哪一个缓存属于用户。New_Din_Buffer_Cmd 寄存器定义如表 5-11 所示。

表 5-11 New_Din_Buffer_Cmd 寄存器定义

地 址	位	状 态	编 码
寄存器 09H	7	0	无
	6	0	
	5	0	
	4	0	
	3	0	
	2	0	
	1	X1	X1X2 0 0: Din_Buf_ptr1 0 1: Din_Buf_ptr2 1 0: Din_Buf_ptr3 1 1: 无
0	X2		

5.7.6 通用处理器总线接口

SPC3 有一个 11 位地址总线的并行 8 位接口。SPC3 支持基于 Intel 的 80C51/52 (80C32) 处理器和微处理器、Motorola 的 HC11 处理器和微处理器, SIEMENS 80C166、Intel x86、Motorola HC16 和 HC916 系列处理器和微处理器。由于 Motorola 和 Intel 的数据格式不兼容, SPC3 在访问以下 16 位寄存器(中断寄存器、状态寄存器、方式寄存器 0)和 16 位 RAM 单元(R_User_Wd_Value)时,会自动进行字节交换。这就使 Motorola 处理器能够正确读取 16 位单元的值。通常对于读或写,要通过两次访问完成(8 位数据线)。

由于使用了 11 位地址总线, SPC3 不再与 SPC2(10 位地址总线)完全兼容。然而, SPC2 的 XINTCI 引脚在 SPC3 的 AB10 引脚处,且这一引脚至今未用。而 SPC3 的 AB10 输入端有一内置下拉电阻。如果 SPC3 使用 SPC2 硬件,那么用户只能使用 1KB 的内部 RAM; 否则, AB10 引脚必须置于相同的位置。

总线接口单元(BIU)和双口 RAM 控制器(DPC)控制着 SPC3 处理器内部 RAM 的访问。

另外, SPC3 内部集成了一个时钟分频器,能产生 2 分频(DIVIDER=1)或 4 分频(DIVIDER=0)输出,因此,不需要额外费用就可实现与低速控制器相连。SPC3 的时钟脉冲是 48MHz。

1. 总线接口单元(BIU)

BIU 是连接处理器/微处理器的接口,有 11 位地址总线,是同步或异步 8 位接口。接口配置由 2 个引脚(XINT/MOT 和 MODE)决定, XINT/MOT 引脚决定连接的处理器系列(总线控制信号,如 XWR、XRD、R_W 和数据格式), MODE 引脚决定同步或异步。

2. 双口 RAM 控制器

SPC3 内部 1.5KB 的 RAM 是单口 RAM。然而,由于内部集成了双口 RAM 控制器,因此允许总线接口和处理器接口同时访问 RAM。此时,总线接口具有优先权。从而使访

问时间最短。如果 SPC3 与异步接口处理器相连,则 SPC3 产生 Ready 信号。

3. 接口信号

在复位期间,数据输出总线呈高阻状态。微处理器总线接口信号如表 5-12 所示。

表 5-12 微处理器总线接口信号

名 称	输入/输出	说 明
DB(7..0)	I/O	复位时高阻
AB(10..0)	I	AB10 带下拉电阻
MODE	I	设置: 同步/异步接口
XWR/E_CLOCK	I	Intel: 写/Motorola: E_CLK
XRD/R_W	I	Intel: 读/Motorola: 读/写
XCS	I	片选
ALE/AS	I	Intel/Motorola: 地址锁存允许
DIVIDER	I	CLKOUT2/4 的分频系数 2/4
X/INT	O	极性可编程
XRDY/XDTACK	O	Intel/Motorola: 准备好信号
CLK	I	48MHz
XINT/MOT	I	设置: Intel/Motorola 方式
CLKOUT2/4	O	24MHz/12MHz
RESET	I	最少 4 个时钟周期

5.7.7 SP3 的 UART 接口

发送器将并行数据结构转变为串行数据流。在发送第一个字符之前,产生 Request-to-Send(RTS)信号,XCTS 输入端用于连接调制器。RTS 激活后,发送器必须等到 XCTS 激活后才发送第一个报文字符。

接收器将串行数据流转换成并行数据结构,并以 4 倍的传输速率扫描串行数据流。为了测试,可关闭停止位(方式寄存器 0 中 DIS_STOP_CONTROL=1 或 DP 的 Set_Param_Telegram 报文),PROFIBUS 协议的一个要求是报文字符之间不允许出现其他状态,SPC3 发送器保证满足此规定。通过 DIS_START_CONTROL=1(模式寄存器 0 或 DP 的 Set_Param 报文中),关闭起始位测试。

5.7.8 PROFIBUS-DP 接口

PROFIBUS 接口数据通过 RS-485 传输,SPC3 通过 RTS、TXD、RXD 引脚与电流隔离接口驱动器相连。PROFIBUS-DP 的 RS-485 传输接口电路如图 5-26 所示。

PROFIBUS 接口是一带有下列引脚的 9 针 D 形接插件,下面给出其引脚定义。

引脚 1: 悬空。

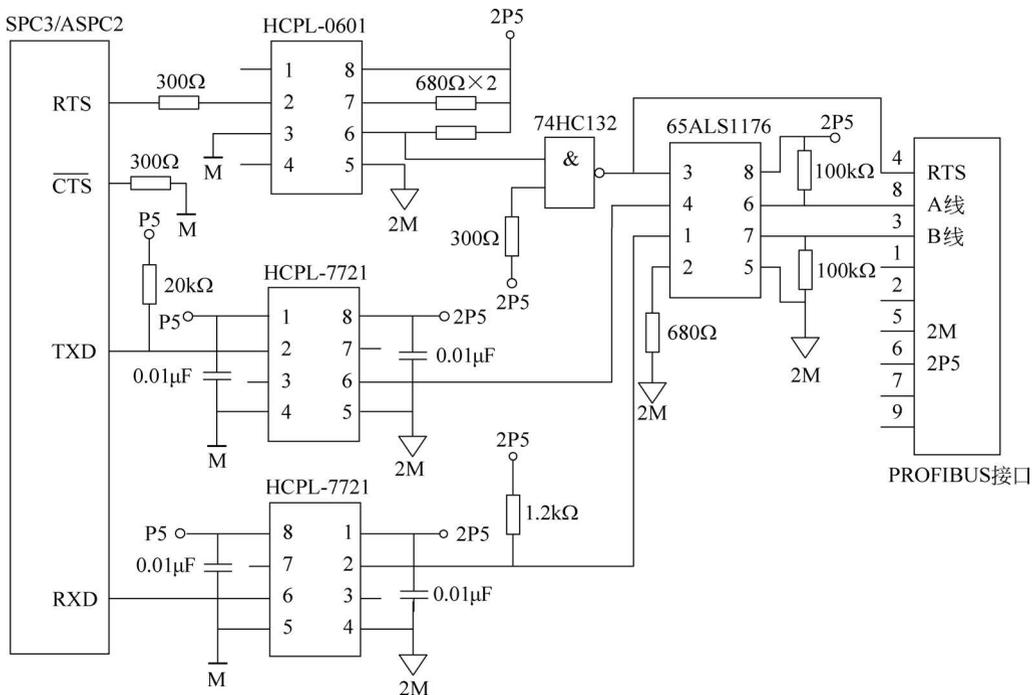


图 5-26 PROFIBUS-DP 的 RS-485 传输接口电路

- 引脚 2: 悬空。
- 引脚 3: B 线。
- 引脚 4: 请求发送(RTS)。
- 引脚 5: 5V 地(M5)。
- 引脚 6: 5V 电源(P5)。
- 引脚 7: 悬空。
- 引脚 8: A 线。
- 引脚 9: 悬空。

在图 5-26 中, M、2M 为不同的电源地, P5、2P5 为两组不共地的 +5V 电源。74HC132 为施密特与非门。

5.8 主站通信控制器 ASPC2 与网络接口卡

ASPC2(Advanced Serial Peripheral Controller 2)是针对 PROFIBUS-DP 主站应用设计的通信控制器。它通常用于实现主站设备(如可编程逻辑控制器 PLC、工业 PC 等)与 PROFIBUS-DP 网络之间的高效通信。网络接口卡(NIC)则是连接计算机或其他设备到网络的硬件组件,包括用于 PROFIBUS-DP 网络的专用接口卡。

5.8.1 ASPC2 介绍

ASPC2 是 SIEMENS 公司生产的主站通信控制器,该通信控制器可以完全处理 PROFIBUS EN 50170 的第一层和第二层,同时 ASPC2 还为 PROFIBUS-DP 和使用段耦合器的 PROFIBUS-PA 提供一个主站。

ASPC2 通信控制器用作一个 DP 主站时需要庞大的软件(约 64KB),软件使用要有许可证且需要支付费用。

如此高度集成的控制芯片可以用于制造业和过程工程中。

对于可编程控制器、个人计算机、电动机控制器、过程控制系统直至下面的操作员监控系统来说,ASPC2 有效地减轻了通信任务。

PROFIBUS ASIC 可用于从站应用,连接低级设备(如,控制器、执行器、测量变送器和分散 I/O 设备)。

1. ASPC2 通信控制器的特性

ASPC2 通信控制器具有如下特性:

- (1) 单片支持 PROFIBUS-DP、PROFIBUS-FMS 和 PROFIBUS-PA。
- (2) 用户数据吞吐量高。
- (3) 支持 DP 在非常短的反应时间内完成通信。
- (4) 所有令牌管理和任务处理。
- (5) 与所有普及的处理器类型优化连接,无须在处理器上安排时间帧。

2. ASPC2 与主机接口

- (1) 处理器接口,可设置为 8 位/16 位,可设置为 Intel/Motorola Byte Ordering。
- (2) 用户接口,ASPC2 可外部寻址 1MB 作为共享 RAM。
- (3) 存储器和微处理器可与 ASIC 连接为共享存储器模式或双口存储器模式。
- (4) 在共享存储器模式下,几个 ASIC 共同工作等价于一个微处理器。

3. 支持的服务

- (1) 标识。
- (2) 请求 FDL 状态。
- (3) 不带确认发送数据(SDN)广播或多点广播。
- (4) 带确认发送数据(SDA)。
- (5) 发送和请求数据带应答(SRD)。
- (6) SRD 带分布式数据库(ISP 扩展)。
- (7) SM 服务(ISP 扩展)。

4. 传输速率

ASPC2 支持的传输速率为:

- (1) 9.6kb/s、19.2kb/s、93.75kb/s、187.5kb/s、500kb/s。
- (2) 1.5Mb/s、3Mb/s、6Mb/s、12Mb/s。

5. 站点数

- (1) 最大期望值 127 个主站或从站。
- (2) 每站 64 个服务访问点(SAP)及一个默认 SAP。

6. 物理设计

采用 100 引脚的 P-MQFP 封装。

5.8.2 CP5611 网络接口卡

CP5611 是 SIEMENS 公司推出的网络接口卡,购买时需额外支付软件使用费。CP5611 用于工控机连接到 PROFIBUS 和 SIMATIC S7 的 MPI,同时支持 PROFIBUS 的主站和从站、PG/OP、S7 通信。OPC Server 软件包已包含在通信软件产品中,但是需要 SOFTNET 支持。

1. CP5611 网络接口卡主要特点

- (1) 不带有微处理器。
- (2) 经济的 PROFIBUS 接口。
- (3) OPC 作为标准接口。
- (4) CP5611 是基于 PCI 总线的 PROFIBUS-DP 网络接口卡,可以插在 PC 及其兼容机的 PCI 总线插槽上,在 PROFIBUS-DP 网络中作为主站或从站使用。
- (5) 作为 PC 上的编程接口,可使用 NCM PC 和 STEP 7 软件。
- (6) 作为 PC 上的监控接口,可使用 WinCC、Fix、组态王等。
- (7) 支持的数据传输速率最大为 12Mb/s。
- (8) 设计可用于工业环境。

2. CP5611 与从站通信的过程

当 CP5611 作为网络上的主站时,CP5611 通过轮询方式与从站进行通信。这就意味着主站要想和从站通信,应首先发送一个请求数据帧,从站得到请求数据帧后,向主站发送一个响应帧。请求帧包含主站给从站的输出数据,如果当前没有输出数据,则向从站发送一个空帧。从站必须向主站发送响应帧,响应帧包含从站给主站的输入数据,如果没有输入数据,则必须发送一个空帧,才完成一次通信。通常按地址增序轮询所有的从站,当与最后一个从站通信完以后,接着再进行下一个周期的通信。这样就保证所有的数据(包括输出数据、输入数据)都是最新的。

主要报文有令牌报文、固定长度没有数据单元的报文、固定长度带数据单元的报文、变数据长度的报文。

5.9 PROFIBUS-DP 从站的设计

如果开发一个比较复杂的智能系统,那么最好选择 SPC3。下面介绍采用 SPC3 进行 PROFIBUS-DP 从站的开发过程。

5.9.1 PROFIBUS-DP 从站的硬件设计

在设计 PROFIBUS-DP 从站的硬件时,使用 SPC3 作为通信控制器是一种常见的选择,因为它提供了专门的支持,使得从站能够高效地与 PROFIBUS 网络通信。SPC3 通过内置的 1.5KB 双口 RAM 与 CPU 进行数据交换,这种设计允许 CPU 和 PROFIBUS-DP 网络同时访问双口 RAM,而不会相互干扰。

1. SPC3 与 CPU 的接口

(1) 双口 RAM 地址。SPC3 内部的双口 RAM 为从站提供了数据缓冲区,其地址范围为 1000H 到 15FFH。CPU 通过这个地址范围与双口 RAM 交换数据。

(2) 多种 CPU 支持。SPC3 设计为兼容多种 CPU 架构,包括 Intel、SIEMENS、Motorola 等,这意味着它可以通过标准的接口电路与不同类型的 CPU 连接。

2. 接口电路设计

对于 AT89S52 微控制器,SPC3 的接口电路包括以下几个关键部分。

(1) 数据和控制信号。SPC3 与 CPU 之间的数据交换通过并行接口进行,这通常涉及数据线、地址线和控制线(如读/写信号、中断信号等)。

(2) 光电隔离。为了提高系统的可靠性和抗干扰能力,SPC3 与 CPU 之间的接口可以包括光电隔离部分。这有助于隔离电气噪声和潜在的高电压,保护 CPU 和 SPC3。

(3) RS-485 驱动。PROFIBUS-DP 使用 RS-485 作为物理层标准,因此 SPC3 与网络的连接需要包括 RS-485 驱动电路。这个电路负责将 SPC3 的通信信号转换为适合在 RS-485 网络上传输的电信号。

3. 设计注意事项

(1) 电源设计。确保为 SPC3 和 CPU 提供稳定的电源,可能需要使用电源滤波和稳压电路来提高供电质量。

(2) 布线和布局。在设计 PCB 时,应该注意信号线的布局,尽量减少长信号线和高速信号线的干扰,特别是在与 SPC3 和 RS-485 驱动电路的连接中。

(3) 接口保护。在 SPC3 与 CPU 的接口电路中加入过电压和过电流保护措施,以防止可能的损坏。

在实际设计中,具体的接口电路和组件选择将取决于所选 CPU 的具体要求、预期的网络性能以及系统的整体设计目标。设计时,还应考虑到从站设备的最终应用环境,例如,工业现场的电磁兼容性(EMC)要求。

SPC3 与 AT89S52 CPU 的接口电路如图 5-27 所示。

在图 5-27 中,光电隔离及 RS-485 驱动部分可采用如图 5-26 所示电路。

SPC3 中双口 RAM 的地址为 1000H~15FFH。

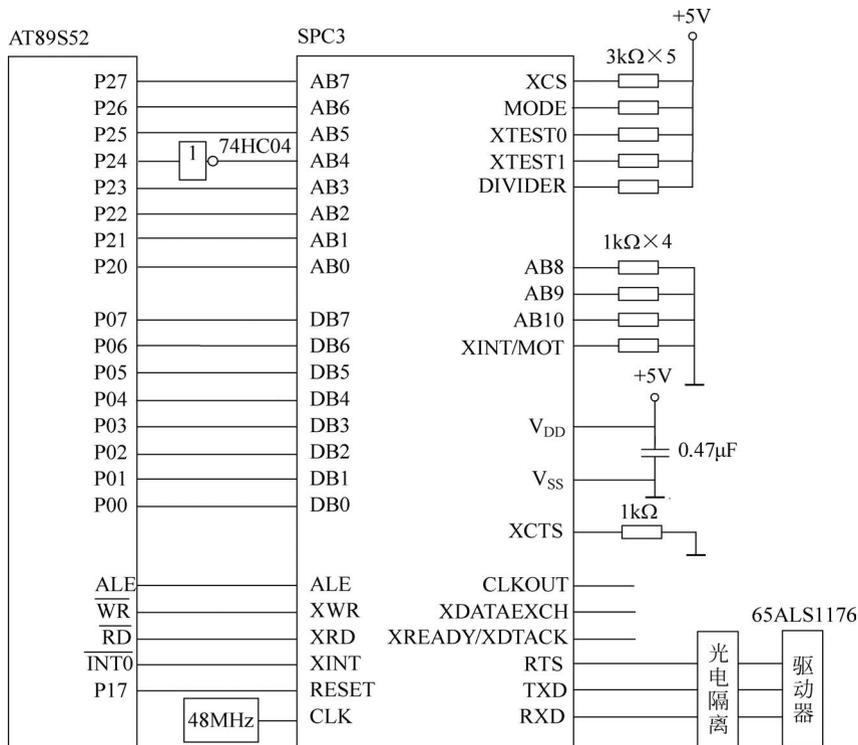


图 5-27 SPC3 与 AT89S52 CPU 的接口电路

5.9.2 PROFIBUS-DP 从站的软件设计

SPC3 的软件开发难点是在系统初始化时对其 64 字节的寄存器进行配置,这个工作必须与设备的 GSD 文件相符,否则将会导致主站对从站的误操作。这些寄存器包括输入、输出、诊断、参数等缓存区的基地址以及大小等,用户可在器件手册中找到具体的定义。当设备初始化完成后,芯片开始进行波特率扫描,为了解决现场环境与电缆延时对通信的影响,SIEMENS 所有的 PROFIBUS ASIC 芯片都支持波特率自适应,当 SPC3 加电或复位时,它将自己的波特率设置为最高,如果设定的时间内没有接收到 3 个连续完整的包,则将其的波特率调低一个档次并开始新的扫描,直到找到正确的波特率为止。当 SPC3 正常工作时,它会进行波特率跟踪,如果接收到一个给自己的错误包,则会自动复位并延时一个指定的时间再重新开始波特率扫描,同时它还支持对主站回应超时的监测。当主站完成所有轮询后,如果还有多余的时间,那么它将开始通道维护和新站扫描,这时它将对新加入的从站进行参数化,并对其进行预定的控制。

SPC3 完成了物理层和数据链路层的功能,与数据链路层的接口是通过服务存取点来完成的,SPC3 支持 10 种服务,这些服务大部分都由 SPC3 来自动完成,用户只能通过设置寄存器来影响它。SPC3 是通过中断与单片微控制器进行通信的,但是单片微控制器的中

断显然不够用,所以 SPC3 内部有一个中断寄存器,在接收到中断后再从该寄存器查中断号以确定具体操作。

在开发包 4 中有 SPC3 接口单片微控制器的 C 源代码(Keil C51 编译器),用户只要对其做少量改动就可在项目中运用。从站的代码共有 4 个文件,分别是 Userspc3. c、Dps2spc3. c、Intspc3. c、Spc3dps2. h,其中,Userspc3. c 是用户接口代码,所有的工作就是找到标有 example 的地方将用户自己的代码放进去,其他接口函数源文件和中断源文件都不必改。如果认为 6KB 的通信代码太大,则可以根据 SPC3 的器件手册编写自己的程序,当然这样是比较花时间的。

在开发完从站后一定要记住 GSD 文件要与从站类型相符,比方说,从站是不许在线修改从站地址的,如果 GSD 文件中:

```
Set_Slave_Add_supp = 1(意思是支持在线修改从站地址)
```

那么在系统初始化时,主站将参数化信息送给从站,从站的诊断包则会返回一个错误提示“Diag. Not_Supported Slave doesn't support requested function”。

PROFIBUS-DP 从站设备通常是传感器、执行器或其他工业设备,它们通过 PROFIBUS 网络与控制系统(如 PLC)进行数据通信。在设计 PROFIBUS-DP 从站的软件时,需要考虑以下几个关键方面。

1. 理解 PROFIBUS-DP 协议

- (1) 协议层次:熟悉 PROFIBUS-DP 的 OSI 七层模型,尤其是数据链路层和应用层。
- (2) 通信模式:了解 PROFIBUS-DP 支持的通信模式,如 DP-V0(标准通信)、DP-V1(循环数据交换以外的通信,如参数读取/写入)、DP-V2(等时性通信)。
- (3) 地址配置:了解如何配置从站地址,这通常在设备的硬件上或通过软件实现。

2. 设计从站应用程序接口(API)

- (1) 数据交换:设计 API 以便于应用程序读取和写入过程数据。过程数据是从站与主站之间交换的实时数据。
- (2) 参数化和诊断:提供接口以支持从站的参数化(如配置或设置设备参数)和诊断信息的读取(如设备状态或错误代码)。

3. 实现 PROFIBUS-DP 通信堆栈

- (1) 硬件抽象层(HAL):设计用于与从站硬件接口进行交互的底层驱动程序,如串行通信接口。
- (2) 协议栈实现:实现 PROFIBUS-DP 协议栈,包括数据链路层和应用层的处理。可以选择使用现成的协议栈实现或根据 PROFIBUS 标准自行开发。

(3) 数据映射:实现应用数据与 PROFIBUS-DP 过程数据之间的映射。确保从站能够正确地解析来自主站的数据,并将应答数据格式化后发送回主站。

4. 设备描述文件(GSD 文件)

创建一个 GSD(General Station Description)文件,该文件是一个描述从站设备功能和

通信特性的标准化文件。主站使用这个文件来识别从站设备并进行正确的配置。

5. 测试和调试

(1) 测试工具：使用专门的 PROFIBUS 分析工具进行通信测试和故障诊断。

(2) 模拟和实际测试：先在模拟环境中测试从站软件的通信功能，然后在实际的 PROFIBUS 网络中进行测试，以验证从站的性能和稳定性。

设计 PROFIBUS-DP 从站软件需要深入理解 PROFIBUS-DP 协议、精心设计软件架构，并进行充分的测试。通过遵循这些步骤，可以确保从站设备能够高效、可靠地与 PROFIBUS 网络中的其他设备通信。

习题

1. PROFIBUS 现场总线由哪几部分组成？
2. PROFIBUS 现场总线有哪些主要特点？
3. PROFIBUS-DP 现场总线有哪几个版本？
4. 说明 PROFIBUS-DP 总线系统的组成结构。
5. 简述 PROFIBUS-DP 系统的工作过程。
6. PROFIBUS-DP 的物理层支持哪几种传输介质？
7. 画出 PROFIBUS-DP 现场总线的 RS-485 总线段结构。
8. 说明 PROFIBUS-DP 用户接口的组成。
9. 什么是 GSD 文件？它主要由哪几部分组成？
10. PROFIBUS-DP 协议的实现方式有哪几种？
11. SPC3 与 INTEL 总线 CPU 接口时，其 XINT/MOT 和 MODE 引脚如何配置？
12. SPC3 是如何与 CPU 接口的？
13. CP5611 板卡的功能是什么？
14. DP 从站初始化阶段的主要顺序是什么？