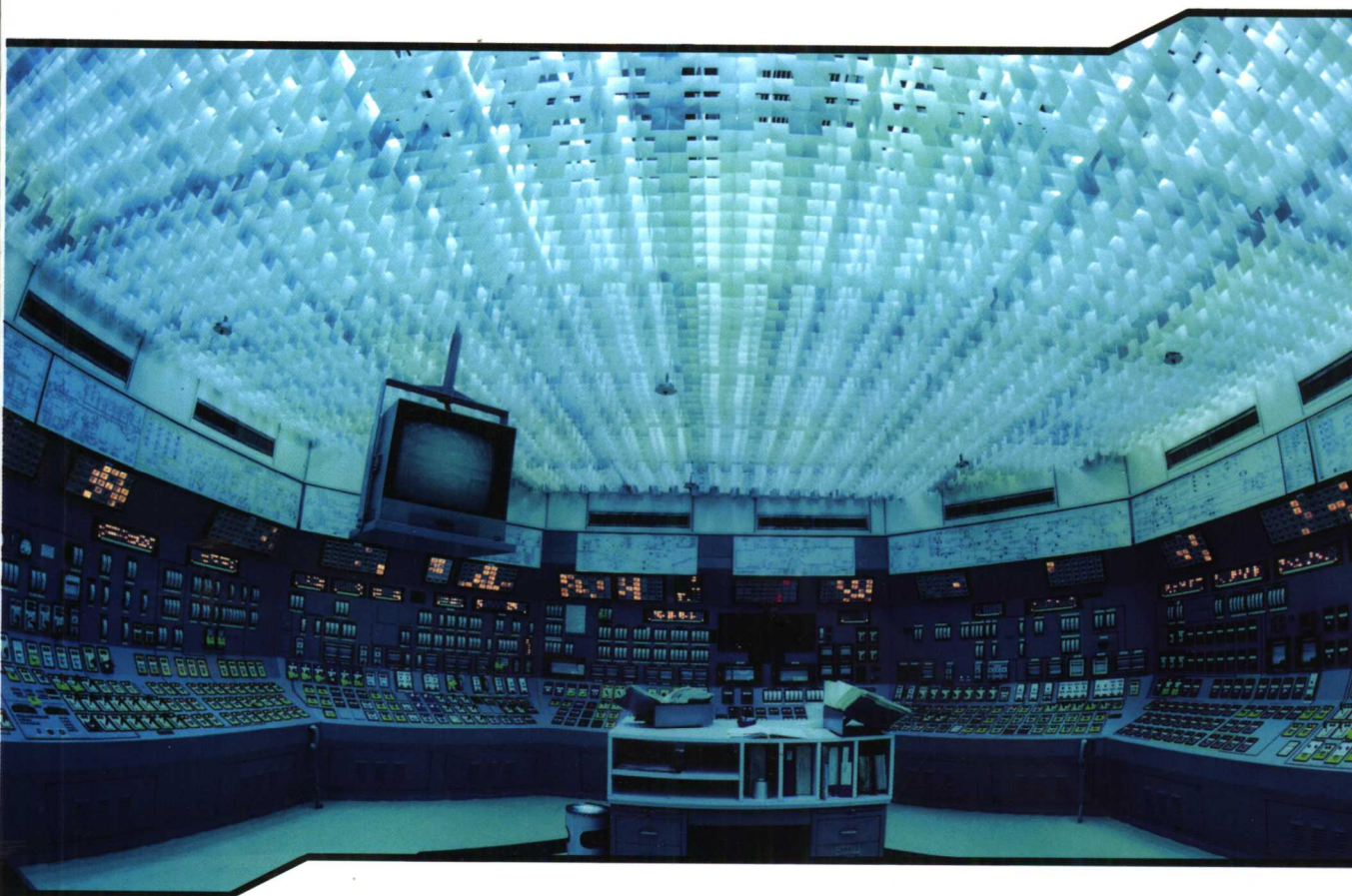


Profibus

现场总线控制系统的设计与开发

孙鹤旭 梁涛 云利军 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

Profibus 现场总线 控制系统的设计与开发

孙鹤旭 梁 涛 云利军 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以计算机网络、通信、开放系统互联参考模型等知识为基础,较为全面地介绍了 Profibus 现场总线技术的特点、规范以及在 Siemens PLC 系统中的应用,通信控制协议芯片、接口电路设计及协议软件设计,并通过实际项目的开发,详细而全面地论述了 Profibus-DP 技术的开发应用全过程。

本书突出了与实际开发相关的内容,书中附录部分提供了大量与实际开发有关的宝贵技术资料,具有很高的技术参考价值。

本书可作为高等院校计算机、工业自动化与仪表类专业本科生、研究生教学和毕业设计的参考书,也可以作为从事现场总线系统设计与应用开发的技术人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

Profibus 现场总线控制系统的设计与开发/孙鹤旭,梁涛,
云利军主编. —北京:国防工业出版社,2007. 4
ISBN 978-7-118-05059-2

I. P... II. ①孙... ②梁... ③云... III. ①总线—自动控
制系统—系统设计②总线—自动控制系统—系统开发
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 027493 号

※

国防工业出版社 出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)
北京奥鑫印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17¼ 字数 447 千字
2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 33.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

Profibus(Process Fieldbus 的缩写)总线是由 Siemens 等公司组织开发的一种国际化的、开放的、不依赖于设备生产商的现场总线标准。它采用现场总线技术将诸如可编程序控制器、传感器、操作员终端、变频器和软启动器等现场智能设备连接起来,是分布式控制系统减少现场 I/O 接口和布线数量,将控制功能下载到现场设备的理想解决方案。Profibus 是全球范围内唯一能够以标准方式应用于包括制造业、流程业及混合自动化领域并贯穿整个工艺过程的单一现场总线技术,它不仅可以无缝集成 HART 设备,保护用户的长期投资,而且可以安全地用于危险区域,同时在驱动技术和故障安全技术等领域有独特优势。Profibus 解决了企业生产现场设备之间的数字通信问题,为实现企业生产过程的自动化、智能化提供了保障,并将企业生产现场的信息纵向集成到企业管理层,为实现企业信息化和管控一体化创造了必要条件。

Profibus 先后成为德国和欧洲的现场总线标准(DIN19245 和 EN50170),并成为国际现场总线标准 IEC61158-Type3。Profibus 规范目前也成为我国机械行业标准 JB/T10308.3——2001,2006 年又成为我国第一个现场总线国家标准 GB/T 20540——2006。

全书共分为 8 章,系统介绍了 Profibus 协议规范,着重说明如何利用 Profibus 现场总线进行具体工程应用,如何设计一个基于 Profibus 的现场总线的控制系统,以及 Profibus-DP 智能从站接口的软硬件开发,并且以具体实例加以说明。

第 1 章主要介绍几种主流总线,如现场总线、基金会总线(FF)、过程现场总线(Profibus)、高速可寻址的远程传感器(HART)通信协议、控制局域网络(CAN)及局部操作网络(LonWorks)等现场总线的发展及应用,重点介绍了 Profibus 总线的概况。第 2 章比较详细地介绍了 Profibus 协议结构,按物理层、数据链路层和应用层对 Profibus 协议规范做了详尽的论述,并分别介绍了 Profibus-DP,PA,FMS 技术特点功能及应用等。第 3 章重点介绍了 Profibus-DP 协议的规范和应用。第 4 章、第 5 章介绍有一定代表性的西门子 PLC 可编程控制器作为主站连接到 Profibus 现场总线的综合自动化系统的集成编程方法,并介绍 Profibus 总线组态、编程的方法及系统功能函数(SFC)的调用方法。第 6 章介绍利用 Profibus 总线网卡将工业计算机连入 Profibus 总线的方法,在此平台上介绍现场总线控制系统软件的框架结构,包括 WinCC 监控组态软件、OPC 通信服务器、实时数据库、远

程监控组态及其应用。第7章介绍利用 Profibus 协议芯片开发、设计 Profibus-DP 智能、非智能从站的一般方法,并给出一个简单的实例。第8章主要介绍 Profibus 现场总线集成技术。

第1、8章由孙鹤旭、云利军编写,第2、5、6章由梁涛编写,第3、4章由牛春刚、王铮编写,第7章由槐博超、宋利杰编写。参加本书编写的还有马爱龙、张浩等同志。

本书在编写过程中参考了大量中、外书籍资料,编者在此向各位文献资料作者深表感谢。由于时间仓促及作者水平所限,书中难免有不当之处,敬请各位指正。

编者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 现场总线的概念及特点	1
1.2 Profibus 现场总线的产生及发展历程	2
1.2.1 现场总线的产生背景	2
1.2.2 几种典型的现场总线技术	3
1.2.3 Profibus 现场总线的发展历程	5
1.3 Profibus 现场总线技术概述	5
1.3.1 Profibus 的特点	5
1.3.2 Profibus 的协议结构和类型	6
1.3.3 Profibus 的应用领域	7
1.4 Profibus 的现状与发展前景	7
第 2 章 Profibus 总线协议结构	9
2.1 Profibus 协议结构与 OSI 参考模型	9
2.2 Profibus 传输技术(物理层, 第 1 层)	11
2.2.1 用于 DP/FMS 的 RS-485 传输技术	11
2.2.2 DP 和 FMS 光缆传输技术	12
2.2.3 用于 PA 的 IEC1158-2 传输技术	13
2.2.4 总线拓扑	15
2.3 现场总线数据链路层(第 2 层)	17
2.3.1 现场总线数据链路层	17
2.3.2 Profibus 网络中的总线访问控制	18
2.4 Profibus-DP 数据通信协议	19
2.4.1 DP 设备类型	20
2.4.2 各类 DP 设备之间的数据通信	21
2.4.3 Profibus-DP 的数据循环	22
2.4.4 Profibus-DP 的其他基本功能	24
2.4.5 Profibus-DPV1 扩展功能	25
2.4.6 电子设备数据文件(GSD)及 DP 行规	25
2.5 现场总线报文规范层 FMS	25
2.5.1 Profibus-FMS	25
2.5.2 Profibus-FMS 服务描述	29
2.6 Profibus-PA 协议	35
第 3 章 Profibus-DP 现场总线通信	37
3.1 Profibus-DP 系统工作过程	37
3.1.1 主站和从站的初始化	37
3.1.2 总线上令牌环的建立	37
3.1.3 主站与从站通信的初始化	37
3.2 Profibus-DP 的通信协议规范	40
3.2.1 Profibus-DP 通信物理层规范	40
3.2.2 Profibus-DP 通信数据链路层规范	43
3.2.3 Profibus-DP 通信用户层	56
3.3 Profibus-DP 系统结构及通信扩展	67
3.3.1 Profibus-DP 系统结构	67
3.3.2 通信扩展	68
第 4 章 西门子 PLC 的 Profibus 总线通信	72
4.1 西门子可编程控制器	72
4.1.1 可编程控制器的原理	72
4.1.2 西门子系列	76
4.1.3 可编程控制器 S7-300 的系统组成	77
4.1.4 编程软件 STEP 7	81

4.2	S7 系列结构化程序设计	83	5.3.3	用 SFC7 DP_PRAL 触发 DP 主设备上的硬件中断	125
4.2.1	用户程序中的块	83	5.4	SFC 的 DP 诊断功能	126
4.2.2	用户程序使用的堆栈及 功能块调用	86	5.4.1	用 SFC13 DPNRM_DG 读 取 DP 从设备的标准诊断 数据	126
4.2.3	线性化编程与结构化 编程	88	5.4.2	与 DP 相关系统状态 表(SZL)	127
4.2.4	组织块与中断处理	89	5.4.3	局部系统状态表的结构	127
4.2.5	数据块与数据结构	93	5.4.4	用 SFC51 RDSYSST 读取 局部系统状态表	127
4.3	硬件组态与参数设置	96	5.4.5	可供使用的系统状态 子表	129
4.3.1	项目的创建与项目的 结构	96	5.4.6	SFC51 RDSYSST 的专用 特性	130
4.3.2	硬件组态	97	5.5	读、写数据记录/参数	130
4.3.3	Profibus-DP 设置	99	5.5.1	用 SFC55 WR_PARM 写动 态参数	130
4.3.4	带有 Profibus-DP 的范例 项目	100	5.5.2	用 SFC56 WR_DPARAM 在 SDB 中写入预定的数据 记录/参数	132
第 5 章	DP 用户程序接口	109	5.5.3	用 SFC57 PARM_MOD 写来自 SDB 的全部预定 的数据记录/参数	132
5.1	DP 用户程序接口基础	109	5.5.4	用 SFC58 WR_REC 写数据 记录/参数	133
5.1.1	有关 DP 的系统功能 SFC	109	5.5.5	用 SFC59 RD_REC 读取数 据记录	135
5.1.2	SIMATIC S7 数据记录 基础	111	5.6	Profibus 式数据通信的典型 方案	136
5.2	Profibus-DP	112	5.6.1	带有 I/O 访问命令的数据 通信	136
5.2.1	循环执行的组织块的 主程序 OB1	112	5.6.2	交换连续的数据的实例	137
5.2.2	过程中断(OB40~OB47) ...	113	5.6.3	处理过程中断	138
5.2.3	诊断中断处理组织块 (OB82)	114	5.6.4	在 I 从设(S7-400)上生成 硬件中断	139
5.2.4	模板热插拔中断处理 组织块(OB83)	115	5.6.5	传送数据记录和参数	140
5.2.5	程序序列故障(OB85)	116	5.6.6	用 SFC55 WR_PARM 写 动态参数	141
5.2.6	机架故障组织块(OB86)	118	5.6.7	使用 SFC56 WR_DPARAM 改变模拟量输入模板的	
5.2.7	I/O 访问故障(OB122)	121			
5.3	DP 用户数据通信和过程中断 功能	122			
5.3.1	用 SFC14 DPRD_DAT 和 SFC15 DPWR_DAT 交换 连续的 DP 数据	122			
5.3.2	用 SFC11 DPSYC_FR 传送 的 SYNC 和 FREEZE 控制 命令	123			

参数	143	第 7 章 Profibus 现场总线控制网络的组态	201
5.6.8 为模拟输入模块测试参数随 SFC56 WR_DPAM 而变化	144	7.1 PC 机作 Profibus 主站	201
5.6.9 SYNC/FREEZE	144	7.1.1 CP5611 网络接口卡	202
5.6.10 带有 DP 主设 CPU315-2DP 的 SYNC 和 FREEZE 的例子	144	7.1.2 CP5611 卡的使用	202
5.6.11 用交叉通信交换数据	146	7.2 Profibus-DP 主站通信程序设计	206
第 6 章 Profibus-DP 智能从站接口的开发	149	7.2.1 通信程序中主要函数介绍 ...	207
6.1 Profibus-DP 现场总线从站开发概述	149	7.2.2 主站通信程序开发实例	212
6.1.1 Profibus-DP 从站开发方案	149	7.3 组态软件通过 CP5611 卡接入 Profibus 的设置方法及应用实例	216
6.1.2 用 SPC3 开发 Profibus-DP 从站的步骤	150	7.3.1 WinCC 简介	216
6.1.3 设备数据库文件(GSD)	150	7.3.2 WinCC 通过 Profibus 与从站进行通信	219
6.2 Profibus-DP 开发包 4	156	7.4 OPC 技术在 Profibus 系统中的应用	226
6.2.1 开发包 4(PACKAGE 4)的组成	157	7.4.1 OPC 技术介绍	226
6.2.2 硬件安装	160	7.4.2 OPC 服务器、客户端 DCOM 配置	237
6.2.3 软件使用	160	7.4.3 PC 站通过 SOFTNET DP 以 OPC 方式进行通信	240
6.3 从站通信控制器 SPC3	161	7.4.4 WinCC 项目 WinCC_S7_OPC 的创建	247
6.3.1 SPC3 功能简介	162	7.4.5 通信连接的诊断	249
6.3.2 SPC3 引脚介绍	164	第 8 章 Profibus 现场总线集成技术	250
6.3.3 SPC3 存储器分配及参数	165	8.1 系统集成的概念	250
6.3.4 ASIC 接口	169	8.2 信息网络集成系统的层次结构	250
6.3.5 Profibus-DP 接口	175	8.2.1 传统 3 层网络体系结构	251
6.3.6 通用处理器总线接口	184	8.2.2 2 层企业网体系结构	251
6.3.7 UART	185	8.3 控制网络与信息网络	252
6.3.8 Profibus 接口	185	8.3.1 控制网络与信息网络的区别	252
6.3.9 Profibus-DP 从站的状态机制	186	8.3.2 控制网络与信息网络的互连	252
6.4 Profibus-DP 智能从站通信接口的开发	188	8.3.3 控制网络与信息网络的集成	253
6.4.1 Profibus-DP 从站硬件设计 ...	188	8.4 工业以太网标准 PROFINET	253
6.4.2 Profibus-DP 从站软件设计	191	8.4.1 PROFINET 的组成与特点	254
		8.4.2 PROFINET 参考模型	254

8.4.3	PROFINET 的体系结构	256	附录	261
8.5	Profibus 现场总线与信息网络的集成	257	附录 A S7300 组织块一览表	261
8.5.1	控制网络与信息网络的集成方法	257	附录 B Profibus I/O 配置数据与“代码”对照表	262
8.5.2	Profibus 与 PROFINET 的集成	258	附录 C Profibus 智能从站参考硬件电路图	264
			参考文献	266

第 1 章 绪 论

1.1 现场总线的概念及特点

信息技术的飞速发展导致了自动化领域的深刻变革,并逐步形成了网络化的、全开放式的自动控制体系结构,而现场总线正是这场深刻变革中最核心的技术。现场总线控制系统 FCS 是继基地式气动仪表控制系统、电动单元组合式模拟仪表控制系统、集中式数字控制系统 DDC、集散控制系统 DCS 之后的新一代控制系统,它代表着工业控制网络技术的发展方向。由于它适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化发展的方向,给自动化系统的最终用户带来更大实惠和方便,并促使目前生产的自动化仪表、集散控制系统、可编程控制器产品面临体系结构、功能等方面的重大变革,导致工业自动化产品的又一次更新换代,因而它一经产生便成为全球工业自动化技术的热点,并受到全世界的普遍关注。该项技术的开发,可带动工业控制、楼宇自动化、仪表制造、计算机软硬件等行业的产品更新换代,被誉为跨世纪的自控新技术。

所谓现场总线,是指将现场设备(如数字传感器、变送器、仪表与执行机构等)与工业过程控制单元、现场操作站等互联而成的计算机网络,它具有全数字化、分散、开放、双向传输和多分支的特点,是工业控制网络向现场级发展的产物。它不仅是一个基层网络,而且还是一种开放式、新型全分布控制系统。这项以智能传感、控制、计算机、数字通信等技术为主要内容的综合技术,已经受到世界范围的关注,成为自动化技术发展的热点,并将导致自动化系统结构与设备的深刻变革。简而言之,现场总线把各个分散的测量控制设备变成网络节点,以现场总线为纽带,把它们连接成可以互相沟通信息、共同完成自控任务的网络系统和控制系统。另外,根据国际电工委员会 IEC61158 标准的定义,现场总线是指安装在制造或过程区域的现场装置与控制室内的自动控制装置之间数字式、串行、多点通信的数据总线。基于现场总线的控制系统被称为现场总线控制系统(FCS, Fieldbus Control System)。

现场总线是综合运用微处理器技术、网络技术、通信技术和自动控制技术的产物。它把专用微处理器置入现场自控设备和测量仪表,使它们具有了数字计算和数字通信的能力,成为能独立承担某些控制、通信任务的网络节点。这一方面提高了信号的测量、控制和传输精度,同时为丰富控制信息的内容、实现其远程传送创造了条件。它们分别通过普通双绞线、同轴电缆、光纤等多种途径进行信息传输,这样就形成了以多个测量控制仪表、计算机等作为节点连接成的网络控制系统。该网络控制系统按照公开、规范的通信协议,在位于生产现场的多个微机化自控设备之间,以及现场仪表与远程管理计算机之间,实现数据传输与信息共享,进一步构成了各种适应实际需求的自动控制系统。简而言之,它把单个分散的测量控制设备变成网络节点,以现场总线为纽带,把它们连接成可以互相沟通信息,并可共同完成自控任务的网络控制系统,即现场总线控制系统。FCS 将集散式控制系统中集中与分散相结合的模式变成了新型的全分布式控制模式,控制功能彻底下放到现场,现场控制设备通过总线与管理信息层交换信息。现场总线设备与传统自控设备相比,拓宽了信息内容,还能提供传统仪表所不能提供的如阀门开关动作次数、故障诊断等信息,便于操作管理人员更好、更深入地了解生产现场和自控设备的运行状态。现场总线强调遵循公开统一的技术标准,

因而有条件实现设备的互操作性和互换性。也就是说,用户可以把不同厂家、不同品牌的产品集成在同一个系统内,并可在同功能的产品之间进行相互替换,使用户具有了自控设备选择、集成的主动权。

如果说,计算机网络把人类引入到信息时代,那么现场总线则使自控系统与设备加入到信息网络的行列,成为企业信息网络的底层,使企业信息沟通的覆盖范围一直延伸到了生产现场。因此,把现场总线技术的出现说成是标志着自动化新时代的开端并不过分。

具体地说,现场总线控制系统在技术上具有以下特点。

(1)现场总线控制系统是一种全数字化的底层控制网络。现场总线是用于过程自动化和制造自动化的现场设备或现场仪表互联的底层数字通信网络,利用数字信号代替模拟信号,其传输抗干扰能力强,测量精度高,大大提高了系统的性能。

(2)现场总线控制系统是一种开放式互连网络。现场总线控制系统具有可互操作性与互换性,能实现互联设备间、系统间的信息传递与沟通以及不同生产厂家性能类似的设备间的相互替换。用户可自由集成不同制造商的通信网络,通过网络对现场设备和功能块统一组态,把不同厂商的网络及设备有机地融合为一体,构成统一的现场总线控制系统。

(3)所有现场设备直接通过一对传输线(现场总线)互联。一对传输线互联 N 台仪表,双向传输多个信号,可大大减少连线的数量,降低安装费用,缩短工程周期,易于维护。

(4)现场总线控制系统增强了系统的自治性,系统的结构和控制高度分散。现场总线控制是新型的网络集成式全分布控制,智能化的现场设备可以完成许多重要的功能,包括部分控制功能,促使简单的控制任务迁移到现场设备中来,使现场设备具有诸如数据采集、数据处理、控制运算、数据输出和设备诊断等多种功能,一机多用,实现了彻底的分散控制,从根本上改变了现有 DCS 系统中与分散相结合的控制体系,简化了系统结构,提高了可靠性。

(5)现场总线控制系统对设备现场环境具有高度的适应性。工作在生产现场前端、作为工厂底层网络的现场总线,是专为现场环境而设计的,可支持双绞线、光缆、射频、红外线、电力线等,具有较强的抗干扰能力,能采用两线制实现供电与通信,并可满足本征安全防爆等要求。

1.2 Profibus 现场总线的产生及发展历程

1.2.1 现场总线的产生背景

随着微处理器与计算机功能的不断增强和价格的急剧下降,计算机与计算机网络系统得到迅速发展,信息沟通联络的范围不断扩大。而处于企业生产过程底层的测控自动化系统,由于仍是通过开关、阀门、传感测量仪表间的一对一连线,用电压、电流的模拟信号进行测量控制,或者只能采用某种自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,使自动化系统成为“信息孤岛”,严重制约了其本身的发展。要实现企业的信息集成和实施综合自动化,就必须设计出一种能在工业现场环境运行的,可靠性强、造价低廉的通信系统,形成工厂底层网络,完成现场自动化设备之间的多点数字通信,实现底层现场设备与外界的信息交换。现场总线就是在这种实际需求的驱动下应运而生的,它应用现场总线技术将现场各控制器及智能仪表设备互联,构成现场总线控制系统;同时,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、彻底分散的新型分布式控制系统,成为 21 世纪控制系统的主流。

现场总线技术的开发始于 1984 年,美国仪表协会(ISA)下属的标准与实施工作组中的 ISA/SP50 开始制定现场总线标准;1985 年,国际电工委员会决定由 Proway Working Group 负责现场总

线体系结构与标准的研究制定工作;1986年,德国开始制定过程现场总线(Process Fieldbus)标准,简称为 Profibus,由此拉开了现场总线标准制定及其产品开发的序幕。在实际需求的推动下,国际标准化组织、北美、欧洲等许多国家的仪表控制界,陆续开始着手现场总线标准的制定与技术开发。由于行业、地域、经济利益等多种原因,本应是唯一的一个标准统一、开放互联的控制通信网络,目前的情况却是在不同领域形成了多个颇具影响力的总线标准,即形成了多种现场总线标准共存的局面。

1992年,由 Siemens、Rocemount、ABB、Foxbord、Yokogawa 等 80 家公司联合成立了 ISP(Interoperable System Protocol)组织,着手在 Profibus 的基础上制定现场总线标准。1993年,以 Honeywell、Bailey 等公司为首,成立了 World FIP(Factory Instrumentation Protocol)组织,有 120 多个公司加盟该组织。1994年,ISP 和 World FIP 北美部分合并,成立了现场总线基金会(FF, Fieldbus Foundation),于 1996 年第一季度颁布了低速总线 H1 的标准,安装了示范系统,将不同厂商的符合 FF 规范的仪表互联为控制系统和通信网络,使 H1 低速总线开始步入实用阶段。与此同时,在不同行业还陆续派生出一些有影响的总线标准。如德国 Bosch 公司推出 CAN(Control Area Network),美国 Echelon 公司推出的 Lon Works 等。

2000 年 1 月 4 日,IEC 通过了现场总线的标准即 IEC61158,它包含 Type1:IEC61158 技术规范;Type2:Control Net 现场总线;Type3:Profibus 现场总线;Type4:P-Net 现场总线;Type5:FF HSE(High Speed Ethernet);Type6:Swift Net 现场总线;Type7:World FIP 现场总线;Type8:Interbus。因此,它事实上并没有解决现场总线多标准共存的问题,而是继续维持了多标准竞争的局面。

1.2.2 几种典型的现场总线技术

目前,国际上影响较大的现场总线有 40 多种,其中被 IEC61158 国际标准认可的有 8 种。下面对几种比较流行的现场总线作一下简要介绍。

1. CAN

CAN 是控制局域网(Control Area Network)的简称,最早由德国 Bosch 公司提出,主要用于汽车内部测量与执行部件之间的数据通信。其总线规范现已被 ISO 国际标准化组织确定为国际标准,得到了 Motorola、Intel、Philips、Siemens 等公司的支持。

CAN 协议也是建立在 ISO/OSI 模型基础之上的,但只用到了其中的物理层、数据链路层和应用层。其信号传输介质为双绞线,通信速率最高可达 1Mb/s,直接传输距离最远可达 10km,可最多挂接 110 个设备。CAN 的信号传输采用短帖结构,每一帖的有效字节数为 8,因而传输时间短、抗干扰能力强。CAN 支持多主方式工作,网络上任何节点均可随时主动向其他节点发送信息,支持点对点、一点对多点和全局广播方式传送信息。它采用总线仲裁技术,当出现几个节点同时上传输信息时,优先级高的节点可继续传输数据,而优先级低的节点则主动停止发送,从而避免了总线冲突。

2. LonWorks

LonWorks 最初是由美国 Echelon 公司推出并与 Motorola、Toshiba 等公司共同倡导而形成的现场总线技术。它采用了 ISO/OSI 模型的全部七层通信协议,采用了面向对象的设计方法,通过网络变量把网络通信设计简化为参数设置,其通信速率为 300b/s~1.5Mb/s,直接通信距离可达 2700m,支持双绞线、同轴电缆、光纤、射频、电力线等多种通信介质,被誉为通用控制网络。

LonWorks 技术所采用的 LonTalk 协议被封装在 Neuron 芯片中实现。集成芯片中有 3 个 8 位 CPU,其中一个用于完成 OSI 模型的物理层和数据链路层的功能,称为媒体访问控制处理器,实现介质访问的控制与处理;第二个用于完成 OSI 模型的第 3 层到第 6 层的功能,称为网络处理器,进

行网络变量的寻址、处理、背景诊断、函数路径选择、软件计量、网络管理,并负责网络通信控制、收发数据包等;第三个是应用处理器,执行操作系统服务与用户代码。芯片中还具有存储信息缓冲区,以实现 CPU 之间的信息传递,并作为网络缓冲区和应用缓冲区。如 Motorola 公司生产的神经元集成芯片 MC143120E2 就包含了 2KB RAM 和 2KB E²PROM。

目前,LonWorks 技术已经被美国暖通工程师协会(ASHRE)定为建筑自动化协议 BACNet 的一个标准。美国消费电子制造商协会也已经通过决议,以 LonWorks 技术为基础制定 EIA-709 标准。这样,LonWorks 已经建立了一套从协议开发、芯片设计制造、控制模块开发到最终控制产品、分销、系统集成等一系列完整的开发、应用体系。

3. FF

基金会现场总线(FF,Foundation Fieldbus),是在过程自动化领域得到广泛支持和具有良好发展前景的一种技术。其前身是 ISP 和 WorldFIP 协议标准,其中 ISP 是可互操作系统协议的简称,它基于德国的 Profibus 标准;而 WorldFIP 则是世界工厂仪表协议(World Factory Instrumentation Protocol)的简称,是基于法国的工厂仪表协议(FIP)标准。

基金会现场总线分为低速 H1 和高速 H2 两种通信速率。H1 主要用于过程控制领域,其传输速率为 31.25Kb/s,通信距离可达 1900m(可加中继器延长),支持总线供电,支持本质安全防爆环境。H1 网络以 ISO/OSI 参考模型为基础,取其物理层、数据链路层和应用层,并在应用层之上增加了用户层,构成了四层结构的通信模型。用户层主要针对自动化测控应用的需要,定义了信息存取的统一规则,采用设备描述语言规定了通用的功能块集。H2 的传输速率为 1Mb/s 和 2.5Mb/s 两种,通信距离分别为 750m 和 500m。物理传输介质可支持双绞线、光缆和无线,其传输信号采用曼彻斯特编码,协议符合 IEC1158-2 标准。随着现场总线和以太网技术的发展,H2 已经被高速以太网 HSE 取代。现场总线基金会于 2000 年 3 月颁布了基于高速以太网 HSE 的现场总线协议 FS1.0,2000 年 12 月又颁布了第 2 版 FS1.1。HSE 采用基于 IEEE802.3+TCP/IP 的六层结构,主要用于制造业自动化及逻辑控制、批处理和高级控制等场合。目前 H1 和 HSE 分别类属于现场总线国际标准 IEC61158 的 Type1 和 Type5。

4. DeviceNet

DeviceNet 是 20 世纪 90 年代中期发展起来的一种基于 CAN 总线技术的符合全球工业标准的开放型通信网络。它既可连接底层现场设备,又可连接变频器、操作员终端这样的复杂设备。它通过一根电缆将诸如可编程控制器、传感器、测量仪表、光电开关、操作员终端和变频器等现场智能设备连接起来,它是分布式控制系统的理想解决方案。这种网络虽然是工业控制网络的低端网络,通信速率不高,传输的数据量也不太大,但它采用了先进的通信概念和技术,具有低成本、高效率、高性能、高可靠性等优点。

DeviceNet 是基于 CAN 的一种低成本的网络,可以直接连接控制器和工业设备,从而大大减少了硬接线输入输出点。CAN 可提供快速的节点响应时间和较高的可靠性。典型的 DeviceNet 设备包括控制器、限位开关、光电传感器、电机启动器、按钮、变频驱动器和简单的操作员接口等。DeviceNet 具有很多优点,如网络供电、安装快速、良好的故障诊断功能等。其通信速率为 125Kb/s~500Kb/s,每个网络的最大节点数是 64 个,每个节点支持的 I/O 数量没有限制,干线长度为 100m~500m,采用生产者/消费者模式,允许网络上的所有节点同时存取同一数据源的数据,支持对等、多主和主/从通信方式。

DeviceNet 网络上的设备增减非常简单,设备设计满足即插即用的要求。与其他网络相比,设备节点的添加或删除不必花费太多的时间进行重新设计或施工。设备的组态参数被存储起来,一旦设备出现故障,操作者只需简单地换上一个匹配的新设备,且设备参数会自动下载到新更换的设

备中。这一特性称为自动设备更换(ADR, Automatic Device Replacement),它可使系统快速恢复正常。

吞吐量是真正衡量网络性能的指标。DeviceNet 优异的吞吐性能是由其较小的网络开销和较小的数据包来保证的。DeviceNet 数据包大小被限制在 8 字节以内,特别适合应用于低成本、简单的设备,并可进行快速、高效的数据传送。较长的报文被分段为多个数据包来发送,这对组态参数或其他不经常出现且长度可能较大的报文传送特别重要。

1.2.3 Profibus 现场总线的发展历程

现场总线已成为当代工业自动化领域的研究热点,它可以说是过程控制新纪元的开始,对于工业控制界而言,21 世纪将是现场总线的世纪。Profibus 是由 Siemens 等公司组织开发的一种国际化的、开放的、不依赖于设备生产商的现场总线标准。Profibus 的开发始于 1987 年,1989 年立项为德国标准 DIN19245,从 1991 年到 1995 年先后批准实施 Part 1~Part 4,1996 年 3 月被批准为欧洲标准 EN50170 V2,并于 2000 年成为 IEC61158 国际现场总线标准之一。我国于 2001 年正式批准 Profibus 成为我国的机械行业工业控制系统用现场总线国家标准,标准号为 JB/T10308.3——2001。与其他得到广泛应用的现场总线技术一样,Profibus 能够覆盖大多数工业应用领域,可用于有严格时间要求、高速数据传输的场合,也可用于大范围复杂通信场合。

Profibus 的用户组织 PI(Profibus International)成立于 1995 年,在 30 多个国家和地区都有地区性的 Profibus 用户组织,会员众多。我国的相应组织 Profibus 专业委员会(CPO, Chinese Profibus User Organization)成立于 1997 年,下设的“Profibus 产品演示及认证实验室”和“Profibus 技术中心”负责产品认证和技术支持。

为了推动 Profibus 产品在我国の開発、研究、普及和应用,促进我国现场总线技术和产业的形成和发展,Profibus 中国用户协会于 1995 年 11 月成立,协会的会员由生产厂商、科研单位、学校、厂矿企业及其他用户组成。后经机械工业部领导和专家论证,决定在中国机电一体化技术协会下设立 Profibus 现场总线专业委员会,从 1996 年 11 月开始筹备,于 1997 年 7 月 3 日隆重举行了成立大会,Profibus 国际组织副主席伯瑞特、Profibus 国际支持中心执行经理沃尔兹、西门子(中国)有限公司总经理施密特等都出席了成立大会,这标志着 Profibus 现场总线技术在中国开始正式有组织地进行普及、推广与研究,并得到了德国及我国政府部门的有力支持,这在其他几种现场总线的推广、应用中是不多见的。

1.3 Profibus 现场总线技术概述

Profibus 是唯一全集成 H1(过程)和 H2(工厂自动化)的现场总线解决方案,是一种国际化的、不依赖于设备制造商的开放式现场总线标准。它广泛应用于制造业自动化、流程工业自动化、楼宇自动化以及交通、电力等其他自动化领域。采用 Profibus 标准系统,不同制造商所生产的设备不须对其接口进行特别调整就可通信,Profibus 可用于高速并对时间有苛刻要求的数据传输,也可用于大范围的复杂通信场合。

1.3.1 Profibus 的特点

现场总线可采用多种途径传输数字信号,如用普通电缆、双绞线、同轴电缆、光缆等,因而可因地制宜、就地取材,构成控制网络。一般在由两根普通导线制成的双绞线上,可挂接几十台自控设备,与传统设备间一对一的接线方式相比,可节省大量线缆、槽架、连接件,同时由于所有的连线都

变得简单明了,系统设计、安装、维护的工作量也随之大大减少。另外,现场总线还支持总线供电,即两根导线在为多台自控设备传送数字信号的同时,还为这些设备传送工作电源。可以看出,采用现场总线具有节省硬件投资、安装费用和维护开销的好处。

现场总线作为通信网络,不同于日常用于声音、图像、文字传输的网络,它所传输的是通断电源、开关阀门的指令与数据,直接关系到处于运行操作过程之中的设备、人身的安全,要求信号在有粉尘、噪声、电磁干扰等较为恶劣的环境下仍能够准确、及时地发送和接收,同时还具有节点分散、报文简短等特征。以现场总线为基础构造的现场总线控制系统,在系统结构上发生了较大变化,其显著特征是通过网络信号的传送进行联络,可由单个网络节点或多个网络节点共同完成所要求的自动控制功能。

Profibus 作为业界最成功、应用最广泛的现场总线技术,除具有一般现场总线的一切优点外还有许多自身的特点,具体表现如下几点。

- (1)最大传输信息长度为 255B,最大数据长度为 244B,典型长度为 120B。
- (2)网络拓扑为线型、树型或总线型,两端带有有源的总线终端电阻。
- (3)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。
- (4)站点数取决于信号特性,如对屏蔽双绞线,每段为 32 个站点(无转发器),最多 127 个站点(带转发器)。
- (5)传输介质为屏蔽/非屏蔽式光缆。
- (6)当用双绞线时,传输距离最长可达 9.6km,用光缆时最大传输长度为 90km。
- (7)传输技术为 DP 和 FMS 的 RS-485 传输、PA 的 IEC1158-2 传输和光缆传输。
- (8)采用单一的总线访问协议,包括主站之间的令牌传递方式和主站与从站之间的主从方式。
- (9)数据传输服务包括循环和非循环两类。

1.3.2 Profibus 的协议结构和类型

Profibus 的特点可使分散式数字化控制器从现场层到车间级实现网络化,该系统分为主站和从站两种类型。主站决定总线的通信,当主站得到总线控制权(令牌)后,即使没有外界请求也可以主动传送信息。从站为外围设备,典型的从站包括输入/输出设备、控制器、驱动器和测量变送器。它们没有总线控制权,仅对接收到的信息给予确认或当主站发出请求时向主站发送信息。

根据应用的特点 Profibus 分为 Profibus-DP、Profibus-FMS 和 Profibus-PA 3 个兼容版本。

Profibus-DP(H2)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级分散 I/O 之间的通信设计的,可用于分布式控制系统的高速数据传输,其传输速率最高可达 12Mb/s,一般构成单主站系统,主站与从站间采用循环数据传输方式工作。Profibus-DP 使用 OSI 参考模型的第 1 层、第 2 层和用户接口层,第 3 层到第 7 层未加以描述,这种结构确保了数据传输的快速和有效,直接数据链路映像(DDL, Direct Data Link Mapper)提供易于进入第 2 层的用户接口。用户接口规定了用户及系统以及不同设备可以调用的应用功能,并详细说明了各种 Profibus-DP 设备的设备行为,还提供了传输用的 RS-485 传输技术或光缆。

Profibus-FMS 主要用来解决车间级通用性通信任务,提供大量的通信服务,完成中等速度的循环和非循环通信任务,主要用于纺织工业、楼宇自动化、运动控制、低压开关设备等自动控制系统,一般构成实时多主网络控制系统。Profibus-FMS 定义了 OSI 参考模型的第 1 层、第 2 层和第 7 层,应用层包括现场总线信息规范(FMS, Fieldbus Message Specification)和低层接口(LLI, Lower Layer Interface)。FMS 包括了应用协议,并向用户提供了可广泛选用的强有力的通信服务;LLI 协调了不同的通信关系,并向 FMS 提供不依赖于设备访问第 2 层的功能。第 2 层现场总线数据链路

(FDL)可完成总线访问控制和数据的可靠传输,它还为 Profibus-FMS 提供了 RS-485 传输技术或光缆传输两种方式。

Profibus-PA 是专为过程自动化而设计的,提供标准的本质安全传输技术,用于对安全性要求较高的场合及由总线供电的站点。Profibus-PA 将自动化系统和过程控制系统与压力、温度和液位变送器等现场设备连接起来,代替了 4mA~20mA 模拟信号传输技术,在现场设备的规划、敷设电缆、调试、运行和维护等方面可节约成本 40% 以上,并大大提高了系统功能和安全性,一般与 Profibus-FMS 和 Profibus-DP 混合使用。Profibus-PA 数据传输采用扩展的 Profibus-DP 协议,还使用了描述现场设备行为的行规。根据 IEC1158-2 标准,这种传输技术可确保其本质安全性并使现场设备通过总线供电。使用分段式耦合器,Profibus-PA 设备能很方便地集成到 Profibus-DP 网络。

Profibus-DP 和 Profibus-FMS 系统使用了同样的传输技术和统一的总线访问协议,因此这两套系统可在同一根电缆上同时操作。

1.3.3 Profibus 的应用领域

Profibus 作为工业界最具代表性的现场总线技术,应用领域非常广泛,它既适用于工业自动化中离散加工过程的应用,也适用于流程自动化中连续和批处理过程的应用,而且随着技术的不断进步,其应用领域呈现出进一步扩大之势。目前具体的应用领域主要在以下几个方面。

- (1)制造业自动化——如汽车制造(机器人、装配线、冲压线)、造纸、纺织等。
- (2)过程控制自动化——如石化、制药、水泥生产、食品生产、啤酒生产等。
- (3)电力——发电、输配电等。
- (4)楼宇——空调控制、风机控制、照明控制等。
- (5)铁路系统——信号系统等。

另外,Profibus 现场总线在冶金、交通、水利、水处理等自动化领域中也得到了广泛应用。

1.4 Profibus 的现状与发展前景

Profibus 严格的定义和完善的功能使其成为开放式系统的典范,并有众多世界范围内有影响力的大公司的支持,使得它成为 ISA SP50 的一个重要组成部分。其灵活的协议芯片的实现,较其他几种现场总线而言是一个很大的优势,并使它价格低廉、易于推广。这些特点使它在短短几年内,在化工、冶金、机械加工以及其他自动控制领域得到了迅速普及和应用。据 1995 年统计,世界上已有约 35 万台(套)Profibus 设备成功地应用在 5 万多个工业现场。目前,世界上约有 500 多家厂商加入了 Profibus 用户协会,并提供了近千种 Profibus 产品,著名的 Siemens 公司提供了 100 多种 Profibus 产品,并已经把它们应用在中国的许多自动控制系统中。

目前的普遍观点是,将来肯定会出现多种现场总线并存的情况。这是由各种现场总线技术的特点、适用场合及大公司、集团的既得利益决定的。单一的现场总线技术不可能一统天下,至少在相当长的一段时间内是如此。各种现场总线技术相互融合、合理搭配是现场总线下一步的一种发展趋势。我们相信,在未来几年内,Profibus 必将在中国得到迅速发展,最终在中国的工业自动化乃至楼宇自动化领域中占有一席之地。

现场总线的出现,标志着工业控制技术领域又一个新时代的开始,其发展趋势将对自动化领域的发展产生重大的影响,具体表现在以下几个方面。

- (1)协调共存性。既然是总线,就要向着趋于开放统一的方向发展,成为大家都遵守的标准规

范,但由于这一技术所涉及的应用领域十分广泛,又由于行业、地域、经济利益等多种原因,目前在不同领域形成多个颇具影响力的总线标准,造成在众多领域总线标准各异。现在,各个主要的现场总线制造商,除力推自己的总线产品之外,也都力图开发总线兼容接口技术,将自己的总线产品与其他总线连接。因此,目前在国际标准中出现了多种现场总线标准协调共存的局面,人们正期待着统一的国际标准的形成。

(2)网络结构简单化。早期的计算机网络模型由7层组成,现在罗克韦尔自动化公司提出了3层结构的自动化系统,Fisher-Rosermount公司提出2层结构的自动化系统,还有公司甚至提出1层结构,即由以太网“e网到底”。目前比较达成共识的是3层设备、两层网络的“3+2结构”。3层设备中位于底层的是现场设备,如传感器、执行器以及各种分布式I/O设备等;位于中间层的是控制设备,如PLC、工业控制计算机、专用控制器等;位于上层的是操作设备,如操作站、工程师站、数据服务器、一般工作站等。2层网络是现场设备与控制设备之间的控制网络,以及控制设备与操作设备之间的管理网络。

(3)总线的开放性。现场总线采用统一的协议标准,是开放式的互联网络,对用户来说是透明的。在传统的集散控制系统中,不同厂家的设备是不能相互访问的。而现场总线系统采用统一的标准,不同厂家的网络产品可以方便地接入同一网络,在同一控制系统中进行相互操作,而互换性意味着不同生产厂家的性能类似的设备可实现相互替换,因此简化了系统集成。

(4)工业以太网将成为新的热点。就成本、建造、使用、维护等方面而言,以太网或多或少都优于目前市场上的其他几种网络。但从目前的趋势来看,已有的现场总线仍将继续存在。此外,并非每种现场总线都可以被工业以太网所替代,如Asi、CAN,这两种现场总线在应用于2位I/O传感器/执行器系统中时,无疑是最佳的。还有一些专用总线,如Sercos(主要用于数控及控制运动轴,为IEC61491国际标准),Instabus(用于楼宇)都有其专门的应用领域,均不适宜用工业以太网。在易燃、易爆(如煤矿、化工、制药行业),以及环境条件恶劣、可靠性要求很高的应用场合,也不适宜于应用工业以太网。

综上所述,已有的现场总线有它自己的市场定位,在未来相当长的时间里也必将占有很大的市场份额,或者与工业以太网相结合发挥其更强大的网络通信功能。当然,虽说现场总线不可能全部为工业以太网所替代,但后者发展的巨大潜力决不容忽视,其应用领域也必将不断地得到扩展。