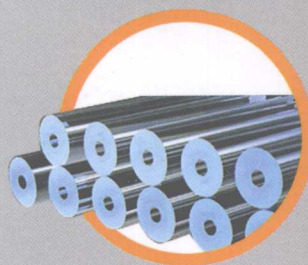


上海市教育委员会高校重点教材建设项目

上海市教育委员会组编

现场总线技术与应用

张凤登 编著



科学出版社

www.sciencep.com

TP336
552
12

上海市教育委员会高校重点教材建设项目
上海市教育委员会组编

现场总线技术与应用

张凤登 编著

图书在版编目(CIP)数据

现场总线技术与应用 / 张凤登编著. — 北京: 科学出版社, 2008
上海市教育委员会高校重点教材建设项目. 上海市教育委员会组编
ISBN 978-7-03-025342-1

I. 现… II. 张… III. 总线—技术 IV. TP393

中国版本图书馆(CIP)数据核字(2008)第131691号

青华印务有限公司印刷, 北京
青华印务有限公司印刷, 北京

科学出版社

北京

100071

<http://www.sciencep.com>

青华印务有限公司印刷, 北京

青华印务有限公司印刷, 北京

2008年9月第1版 16开 787×1092mm

科学出版社

45.00元

(北京) 青华印务有限公司印刷

内 容 简 介

现场总线技术是测量与控制领域的新技术。本书系统地介绍了现场总线技术的产生背景、理论与技术基础,深入揭示了导致现场总线标准多样化的媒体访问控制技术,并将现有 20 多种总线国际标准划分为 I/O 位传输现场总线、设备现场总线、狭义现场总线和工业以太网 4 个大类,从总线的技术特点、规范、总线接口电路设计及现场总线控制系统设计与应用等方面,较全面地阐述了 4 类总线的典型代表 CAN、Profibus、FF-H1 和 FF-HSE,同时也给出了其他总线标准的技术要点和区别。

全书共分 9 章,每章配有习题。内容由浅入深,避免了概念上的跳跃,较为系统和完整地反映了现场总线技术的最新发展状况。

本书可作为高等院校自动化、测控技术、信息工程、计算机应用、机电一体化等专业高年级本科生、研究生的教材,也可作为从事现场总线技术及应用的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线技术与应用/张凤登编著. —北京:科学出版社,2008
上海市教育委员会高校重点教材建设项目. 上海市教育委员会组编
ISBN 978-7-03-022745-4

I. 现… II. 张… III. 总线-技术 IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 121691 号

责任编辑:孙明星 潘继敏/责任校对:陈玉凤
责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 9 月第一次印刷 印张:24

印数:1—3 500 字数:544 000

定价:42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

13228281

前 言

控制技术、通信技术、计算机技术和芯片技术的高速发展,导致了测量与控制领域的深刻变革,产生了现场总线这一新技术。现场总线是运行在生产现场的智能检测设备和控制设备之间、测控设备与控制室之间的双向、多点、全数字串行通信系统,被认为是测量与控制领域的开放系统互连通信网络。现场总线的出现,对测控设备及控制系统的设计方法产生了巨大革新,从根本上改变了传统测控系统的结构形式,并给测控设备和系统的最终用户带来更大的实惠和方便。因此,自其出现之日起,就受到广泛关注,并迅速成为世界范围内测控技术研究的热点。

目前,现场总线技术的发展还处于初级阶段,完善和单一的现场总线国际标准短期内还不会出现。尽管如此,由于其在经济性、安全性、可靠性及高效率等方面的优势,该技术全面进入测量与控制领域将是大势所趋,几乎所有发达国家的大学、科研机构 and 著名公司都在进行相关的研究。现场总线是多种技术的综合,庞大而复杂。现有的现场总线多种多样,总数超过 40 种,其中 25 种已经成为现场总线国际标准。这种技术上的多样性和种类的不统一,给人们学习和掌握这一新技术带来很大困难。本书作者从事集散控制系统和现场总线技术的教学和研究工作长达 15 年,对现场总线技术有了一定程度的理解,期望通过编写本书,由浅入深,系统、全面地介绍现场总线的产生背景、理论与应用技术基础,反映现场总线的最新发展状况,为推动现场总线技术的开发和应用发挥作用。

全书共分 9 章,每章配有习题。第 1 章介绍现场总线的产生和发展趋势;第 2 章介绍数据通信基础与通信接口标准;第 3 章介绍一些网络基本概念和术语,分析构成现场总线的要素和现场总线的一般体系结构;第 4 章深入揭示了导致现场总线标准多样化的媒体访问控制技术;第 5、6、7、8 章,将现有 20 多种总线国际标准划分为 I/O 位传输现场总线、设备现场总线、狭义现场总线和工业以太网 4 个大类,从总线的技术特点、规范、总线接口电路设计以及现场总线控制系统设计与应用等方面,较全面地阐述这 4 类总线的典型代表 CAN、Profibus、FF-H1 和 FF-HSE,同时给出其他总线标准的技术要点以及它们之间的差别;第 9 章则介绍现场总线控制系统的一般设计方法、集成技术,并分析现场总线网络与企业信息网络的相互关系。本书带星号(*)的章节可根据教学需要灵活选用。

从本书的章节结构组成可以看出,作者力图将现场总线技术这一庞大的主题细化,使之更易于理解,讲述的重点是基本原理以及与该技术和体系结构有关的重要问题,同时也探讨了一些该领域的领先技术。

本书的编写得到了科学出版社和我的同事们的大力支持。周美娇参加了本书第 2、4 两章的编写;左小五、艾春丽参加了第 5 章的编写;张俊华参加了第 6 章部分内容和应用实例的编写工作;于莲芝副教授参加了第 7 章的编写。唐莹、顾嫣、顾睿菲、米萍、龚勇、郭苗苗等做了书稿的文字校对工作。本书还得到清华大学阳宪惠教授和北京

航空航天大学满庆丰教授的审定。在此谨向他们以及本书中引用的参考文献的作者致以衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中错误和不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

前言

编者

本书共分8章，第1章介绍工业控制系统的组成及各部分的功能，第2章介绍自动控制系统的数学模型，第3章介绍自动控制系统的稳定性分析，第4章介绍自动控制系统的校正方法，第5章介绍自动控制系统的频域分析，第6章介绍自动控制系统的离散化，第7章介绍计算机控制系统的组成及工作原理，第8章介绍计算机控制系统的软件设计。本书可作为高等院校自动化专业及相关专业的教材，也可供从事自动控制工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外许多优秀的教材和有关文献，并得到了许多同行专家的指导和帮助。本书的出版得到了北京航空航天大学出版社的大力支持。在此，我们对所有关心和帮助本书编写的人士表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了国内外许多优秀的教材和有关文献，并得到了许多同行专家的指导和帮助。本书的出版得到了北京航空航天大学出版社的大力支持。在此，我们对所有关心和帮助本书编写的人士表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了国内外许多优秀的教材和有关文献，并得到了许多同行专家的指导和帮助。本书的出版得到了北京航空航天大学出版社的大力支持。在此，我们对所有关心和帮助本书编写的人士表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了国内外许多优秀的教材和有关文献，并得到了许多同行专家的指导和帮助。本书的出版得到了北京航空航天大学出版社的大力支持。在此，我们对所有关心和帮助本书编写的人士表示衷心的感谢。

目 录

前言	1
第 1 章 概述	1
1.1 现场总线的基本概念	1
1.1.1 现场总线的由来	1
1.1.2 现场总线的定义	4
1.2 现场总线的特点	5
1.2.1 现场总线的基本特性	5
1.2.2 现场总线与 IT 计算机网络技术的区别	7
1.3 现场总线的现状	8
1.3.1 现场总线国际标准	9
1.3.2 造成多个标准共存的原因	13
1.3.3 现场总线标准的共性与分类	13
1.4 现场总线的未来	14
1.4.1 积极推动单一现场总线国际标准的制订	15
1.4.2 从冲突走向合作	15
习题	17
第 2 章 数据通信基础	18
2.1 通信模型	18
2.2 数据传输	19
2.2.1 数据传输的基本术语	19
2.2.2 传输模式	21
2.2.3 传输损伤	24
2.3 传输媒体	29
2.3.1 有线传输媒体	29
2.3.2 无线传输	33
2.4 传输数据编码	35
2.4.1 模拟信号传输数字数据	35
2.4.2 数字信号传输数字数据	36
2.4.3 模拟信号传输模拟数据	38
2.4.4 数字信号传输模拟数据	38
2.5 数据通信接口	39
2.5.1 通信接口特性	39
2.5.2 EIA-232-D 串行通信接口	40
2.5.3 RS-485 串行通信接口	44

2.5.4	IEC61158.2 串行通信接口	47
2.6	差错检测与校正	52
2.6.1	奇偶检验码	53
2.6.2	CRC 检验码	54
2.6.3	差错控制机制	56
2.7	多路复用技术	57
2.7.1	频分复用	57
2.7.2	时分复用	58
	习题	59
第3章	现场总线体系结构	61
3.1	网络体系结构概述	62
3.1.1	网络协议及分层的概念	62
3.1.2	开放系统互连参考模型的制定	63
3.2	开放系统互连参考模型中的若干重要概念	65
3.2.1	各层的主要功能	65
3.2.2	开放系统互连环境	67
3.2.3	服务、协议与服务访问点	68
3.2.4	信息传送单元	70
3.2.5	服务原语	72
3.2.6	面向连接服务与无连接服务	73
3.2.7	源/目的与生产者/用户网络传输模式	74
3.3	现场总线体系结构的建立及特点	75
3.3.1	工业通信网络的特殊性	75
3.3.2	现场总线的组成要素	76
3.3.3	现场总线通信模型	78
3.4	现场总线网络的拓扑结构	84
3.4.1	总线型结构	84
3.4.2	星型结构	84
3.4.3	环型结构	85
3.4.4	树型结构	85
3.4.5	菊花链型结构	85
3.4.6	网状结构	86
	习题	86
第4章	媒体访问控制技术	88
4.1	媒体访问控制技术概述	88
4.2	集中控制型受控访问方法	90
4.2.1	轮叫探询的性能分析	90
4.2.2	传递探询的性能分析	93
4.3	ALOHA 随机访问方法	94

881	4.3.1	纯 ALOHA	94
901	4.3.2	时隙 ALOHA	98
961	4.3.3*	预约 ALOHA	100
071	4.4	CSMA 随机访问方法	102
871	4.4.1	CSMA 原理和基本类型	102
871	4.4.2	时隙非持续 CSMA 的性能分析	104
581	4.4.3	CSMA/CD 工作原理	107
581	4.4.4	CSMA/CD 性能分析	109
481	4.5	物理环访问方法	112
281	4.5.1	令牌环访问方法	113
281	4.5.2	令牌环访问方法性能估计	115
781	4.5.3*	时间片环与寄存器插入环访问方法	116
781	4.6	令牌总线访问方法	121
881	4.6.1	令牌总线原理	121
981	4.6.2	令牌总线访问方法性能分析	126
101	4.6.3	两种总线型访问方法的比较	127
101		习题	129
	第 5 章	输入输出位传输现场总线	130
101	5.1	位传输总线概述	130
501	5.2	汽车总线的分类	130
801	5.3	CAN 总线体系结构及协议标准	131
401	5.3.1	CAN 总线及其基本特点	131
521	5.3.2	CAN 总线的体系结构	132
505	5.3.3	CAN 报文格式	133
805	5.3.4	帧编码及其发送/接收	138
805	5.3.5	总线访问	139
805	5.3.6	错误检测与错误处理	140
805	5.3.7	位定时与同步	142
015	5.3.8	CAN 总线的电气连接	144
415	5.4	CAN 控制器	145
815	5.4.1	CAN 控制器选型	145
715	5.4.2*	CAN 控制器 SJA1000	146
825	5.4.3	CAN 控制器 MCP2515	152
825	5.5	CAN 总线收发器	160
725	5.5.1*	CAN 总线收发器 TJA1050	160
025	5.5.2	CAN 总线收发器 MCP2551	162
825	5.6	CAN 节点的实现	162
925	5.6.1	CAN 节点硬件构成	162
825	5.6.2	CAN 节点通信程序设计	163

40	5.7	CAN 总线应用系统设计	168
80	5.7.1	CAN 总线应用系统的一般组成	169
001	5.7.2	CAN 总线网络设计步骤	169
201	5.7.3	CAN 报文格式分析工具-CANscope	170
201	5.7.4	工具软件 CANoe	173
401	5.7.5	车身电子系统 CAN 总线通信网络设计	178
701	5.8	CAN 与其他位传输总线的比较	182
001	5.8.1	P-NET	182
211	5.8.2*	SwiftNet	184
211	5.8.3	AS-I	185
211	5.8.4	DeviceNet	186
211	5.8.5*	SDS	187
421	5.8.6*	Seriplex	187
421	5.8.7	位传输总线主要特性比较表	188
821		习题	189
	第 6 章	设备现场总线	191
021	6.1	设备现场总线概述	191
021	6.2	Profibus 总线的产生及特点	191
021	6.2.1	Profibus 发展历程	191
021	6.2.2	Profibus 的特点	192
121	6.3	Profibus 总线体系结构	193
121	6.3.1	物理层及物理连接	194
221	6.3.2	现场总线数据链路层	197
221	6.3.3	应用层	202
321	6.3.4	用户层与设备行规	206
321	6.3.5	Profibus-FMS/DP/PA 协议的异同点	209
041	6.4	Profibus 产品开发	209
211	6.4.1	开发方案与流程	209
411	6.4.2	Profibus 芯片说明	210
241	6.4.3	Profibus-DP 主/从站通信接口板	214
241	6.4.4	GSD 文件	216
241	6.4.5	Profibus 设备设计实例	217
321	6.5	Profibus 现场总线控制系统应用	226
021	6.5.1	Profibus 控制系统项目设计	226
021	6.5.2	Profibus 应用实例	227
321	6.6	Profibus 与其他设备现场总线的比较	230
321	6.6.1	ControlNet	230
321	6.6.2*	WorldFIP	232
221	6.6.3*	Interbus	233

6.6.4*	CC-Link	236
6.6.5*	设备现场总线的主要特性比较表	238
	习题	239
第7章	狭义现场总线	240
7.1	狭义现场总线概述	240
7.2	基金会现场总线种类及体系结构	241
7.2.1	H1 与 HSE 之间的区别	241
7.2.2	基金会现场总线的体系结构	242
7.3	FF-H1 物理层	244
7.4	FF-H1 通信栈	244
7.4.1	数据链路层	244
7.4.2	现场总线访问子层	250
7.4.3	现场总线报文规范层	256
7.5	FF-H1 用户层	261
7.5.1	功能模块的概念与分类	261
7.5.2	模块参数	263
7.5.3	功能块服务	270
7.5.4	功能块链接	270
7.5.5	功能块应用进程	272
7.5.6	功能块的应用	273
7.6	网络管理	276
7.6.1	网络管理者与网络管理代理	276
7.6.2	网络管理代理的虚拟现场设备	277
7.6.3	NMA 对象与相应的对象服务	277
7.6.4	通信实体	278
7.7	系统管理	279
7.7.1	系统管理内核	280
7.7.2	系统管理信息库及其访问	281
7.7.3	SMK 状态	282
7.7.4	系统管理服务及作用过程	283
7.8	FF-H1 现场总线的组态与启动运行	286
7.8.1	组态的层次与组态信息	287
7.8.2	系统的启动运行	289
7.8.3	装载 LAS 调度表与组态更新	290
7.9	基金会现场总线控制系统的设计	290
7.9.1	FF 控制系统的结构	290
7.9.2	FF 控制系统的设计步骤	292
7.9.3	FF 应用实例	295
	习题	295

第 8 章 工业以太网	297
8.1 工业以太网概述	297
8.2 工业以太网体系结构	299
8.2.1 工业以太网通信模型	299
8.2.2 Ethernet 体系结构简介	300
8.2.3 TCP/IP 协议族	302
8.2.4 互可操作性与应用层协议	313
8.3 工业以太网基本特性	313
8.3.1 工业以太网拓扑结构	313
8.3.2 工业以太网传输媒体	315
8.3.3 工业与商用以太网设备之间的区别	316
8.3.4 工业以太网通信实时性的实现方法探讨	316
8.4 高速以太网现场总线 FF-HSE	319
8.4.1 FF-HSE 概况	319
8.4.2 FF-HSE 体系结构	320
8.4.3 FF-HSE 设备类型及其冗余连接	324
8.5 FF-HSE 与其他工业以太网的比较	329
8.5.1 ProfiNet	329
8.5.2* Modbus-RTPS	331
8.5.3 EPA	332
8.5.4* Ethernet Powerlink	334
8.5.5* EtherCAT	334
8.5.6* Vnet/IP	334
8.5.7* TCnet	335
8.6 工业以太网应用	335
习题	335
第 9 章 现场总线控制系统的设计与集成	337
9.1 企业信息网的一般组成	337
9.1.1 企业信息网的基本概念	337
9.1.2 企业信息网的设计内容	339
9.1.3 企业信息网的数据库系统	342
9.2 现场总线控制系统的一般设计应用过程	345
9.2.1 现场总线控制系统的设计原则	345
9.2.2 FCS 的网络设计和控制实现	346
9.2.3 FCS 软件开发与组态	348
9.2.4 FCS 的运行、维护与故障诊断	350
9.3 现场总线控制系统的集成技术	351
9.3.1 连接设备的应用	352
9.3.2 OPC 技术	352

习题.....	356
参考文献.....	357
附录 A 排队系统基础	359
A.1 稳定状态下的数据流.....	359
A.1.1 李特尔定律.....	359
A.1.2 通信量强度.....	360
A.2 M/G/1 排队模型.....	361
A.2.1 泊松过程.....	362
A.2.2 扑拉切克-辛钦公式.....	362
附录 B IEEE 802 标准	365
附录 C CAPL 语言简介	367
C.1 数据类型.....	367
C.2 控制信息访问.....	367
C.3 重要 CAPL 函数.....	367

第 1 章 概 述

测量与控制技术、通信网络技术、计算机技术、芯片技术的高度发展，使得自动化领域中的设备制造、控制方式、系统集成、系统维护等方面发生了深刻的变革，并直接导致了现场总线这一新技术的产生和发展。时至今日，建立在现场总线基础上的现场总线控制系统，正在逐步取代传统的模拟仪表控制系统、直接数字控制系统和集散控制系统，从根本上改变了传统控制系统的结构，对自动化产品及控制系统的设计方法也产生了巨大冲击，为自动化系统的终端用户带来更大的实惠和方便。

1.1 现场总线的基本概念

现场总线的原始思想非常简单，就是想用一个开放的、互可操作的、多点的数字通信系统代替已使用很久的 4~20mA 标准。但是，这样一个概念的实现却异常困难，不仅涉及众多技术领域，单就理解现场总线的含义和复杂性，就花去了工业界近十年的时间。

导致对这一概念长时间酝酿的原因有两个。首先，不同的国际标准化组织对各自设计的现场总线的优缺点存在激烈争论；第二，现场总线远不只是简单代替 4~20mA 标准。由此看来，要想真正掌握现场总线这一新兴技术并不是一件简单的事。为了便于学习现场总线，我们首先简单介绍一下其产生和发展过程，然后给出它的定义。

1.1.1 现场总线的由来

事实上，现场总线的产生与发展，与计算机在工业控制领域的应用密切相关。这里将通过回顾计算机在控制系统中的应用历程，帮助我们理解现场总线技术。

1. 数据采集与处理

计算机在控制系统中的应用始于 20 世纪 50 年代，此时的计算机主要是对大量的过程参数进行巡回检测、数据记录、数据计算、越限报警以及对大量数据进行累积和实时分析。典型系统结构如图 1-1 所示。

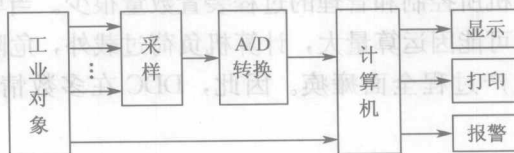


图 1-1 数据采集与处理系统结构

在这种应用结构中，计算机并不直接参与控制，对生产过程不会产生直接影响，但其作用还是很明显的。它表现在能对整个生产过程进行集中监视，故对指导生产过程控制有一定的积极作用，同时可进行越限报警，以确保生产过程的安全。此外，这种应用方式可以得到大量统计数据，有利于对生产过程进行研究，以便建立和改善生产过程的数学模型，即找到生产过程中各参数（包括被控量、干扰、控制量）之间关系的数学表达式，这样就为计算机直接参与控制创造了条件。

2. 直接数字控制系统

20 世纪 60 年代以前，虽然计算机已经应用于控制系统，但仍不能称之为过程计算机控制，其根本原因在于它不直接参与过程控制，充其量不过是一个离线数据分析工具而已。60 年代以后，由于计算机上提供了与过程装置之间的接口，人们开始试验用直接连接的方法，使计算机与变送器、执行器之间的信号传送都不用人工干预，并获得了成功，其结构如图 1-2 所示。

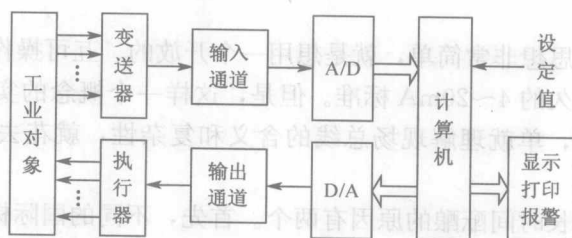


图 1-2 直接数字控制系统结构

在这种系统中，主要是由计算机参与闭环控制过程，无需模拟控制器，计算机通过过程输入通道对一个或多个被控参数进行巡回检测，并根据确定的控制规律进行运算，然后发出控制信号，通过输出通道直接操纵控制阀等执行机构，构成闭环控制回路。一般情况下，这类控制系统有一个功能较齐全的运行操作台，设定、显示、报警等集中在这个控制台上，操作方便。也就是说，计算机配备上变送器、执行器和信号连接装置就完全可以实现过程的检测、监视、控制和管理了。这种计算机控制系统能够替代模拟控制仪表，实现由模拟技术到数字技术的转换，而系统的功能却保持不变。因此，该系统已经成为计算机控制技术的基础，通常称为直接数字控制系统（DDC，Direct Digital Control）。

然而，在 DDC 系统中，由于计算机与过程装置之间的双向信号流动是通过硬性物理连接装置来实现的，其中流动的信号都是电气信号，因此计算机不可能与现场装置离得太远，所以每台计算机所控制和管理的过程装置数量很少。当单台计算机控制着几十甚至几百个回路时，除可能因运算量大，计算机负荷过载外，危险也集中了，一旦计算机发生故障，将导致生产过程全面瘫痪。因此，DDC 在多数情况下的应用为单回路控制。

3. 监督计算机控制系统

在 DDC 方式中，对生产过程产生直接影响的被控参数设定值是预先设定的，并且

存入微型计算机内存中，这个设定值不能根据过程条件和生产工艺信息的变化实时修改，故直接数字控制方式无法使生产过程处于最优工况，这显然是不够理想的。

监督计算机控制（SCC, Supervisory Computer Control）系统中，计算机根据原始工艺信息和其他参数，按照描述生产过程的数学模型或其他方法，自动地改变模拟控制器或以直接数字方式工作的微型计算机中的设定值，从而使生产过程始终处于最优工况。

监督计算机控制方式的控制效果，主要取决于数学模型的优劣。数学模型一般是针对某一目标函数设计的，如果数学模型能使一目标函数达到最优，那么，这种控制方式就能实现最优控制。当数学模型不理想时，控制效果也不会太好。监督控制的结构形式如图 1-3 所示。

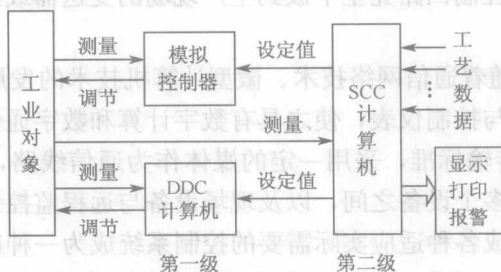


图 1-3 监督计算机控制系统结构

SCC 一般由两级计算机组成，第一级计算机与生产过程连接，并承担测量和控制任务，即完成 DDC 控制。因此要求可靠性高，抗干扰性强，能独立工作；第二级计算机按照生产过程工况、操作条件的变更信息和数学模型进行必要的转换，给第一级计算机提供最佳设定值和最优控制量等各种控制信息。第一级计算机和第二级计算机之间的数据通信，通常采用串行数据链路规程，传送速率一般较低。

4. 集散控制系统

工业生产过程中，管理的集中性和控制的分散性，进一步推动了计算机控制技术的发展。20 世纪 70 年代中期出现了集散控制系统（DCS, Distributed Control System），它是以微型计算机为核心，采用单元组合方式，根据不同需要灵活组合的一个完整系统，即基础级是以微型计算机为核心的基本控制站，实现 DDC 控制。各基本控制站通过网络和上级监控计算机、CRT 操作站等联系起来。监控级可采用高性能的 32 位微型计算机，CRT 操作站的核心部件也是微处理器。到了 80 年代，DCS 已在自动化领域中占据主导地位，其基本结构如图 1-4 所示。

从整体逻辑结构上讲，DCS 是一个分支树型结构，整个系统既集中又分散，现场控制站分布在各个工业现场，通过数字通信网络联系起来，可在中央控制室通过监控计算机、操作站等进行集中监视、维护和管理。

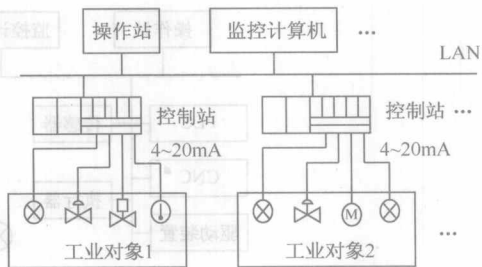


图 1-4 集散控制系统基本结构

其重要特点是：采用网络技术实现数据的高速远距离传送；采用分布的、相对独立的控制站在一定程度上避免了多回路集中控制的风险；通过控制站的冗余设计提高了控制系统的可靠性。因此，目前 DCS 被广泛应用于大型厂矿企业中。

5. 现场总线控制系统

前面讲述的 DCS 系统虽然已经在控制室内实现了数字化，但处于现场的大量变送器、执行器仍然是模拟的，每台现场仪表都必须各自用 2 芯或 4 芯电缆将 4~20mA 的直流模拟信号通往控制站，随着测点的增加，所需控制电缆数势必随之增长。另外，大量测控信息必须通过控制站才能实现控制和管理，并没有实现真正意义上的分布式控制，也就是说，没有将控制回路完全下放到生产现场的变送器或执行器上，只是实现了控制站的相对分散。

20 世纪 80 年代，随着通信网络技术、微型计算机技术的发展，通用或专用的微处理器开始逐步进入测量与控制仪表，使之具有数字计算和数字通信能力。逐步放弃常规的 4~20mA 模拟信号传输标准，采用一定的媒体作为通信线路，按照公开、规范的通信协议，在位于现场的多个设备之间，以及现场设备与远程监控计算机之间，实现全数字传输和信息交换，形成各种适应实际需要的控制系统成为一种趋势，现场总线控制系统（FCS, Fieldbus Control System）正是在这种背景下产生的。

1.1.2 现场总线的定义

数字技术的发展完全不同于模拟技术，数字技术标准的制定往往早于产品开发。为保证新兴产业的健康发展，国际权威组织国际电工委员会（IEC, International Electrotechnical Commission）极为重视现场总线标准的制定，早在 1984 年就筹备成立了专门的工作组（IEC/SC65C/WG6）起草现场总线标准，并对现场总线做出如下定义。

在生产现场的测量控制设备之间实现双向、串行、多点数字通信的系统称为现场总线，也被称为控制领域的计算机局域网。

我们可以认为现场总线就是一直延伸到现场测控设备的通信总线，它使得许多现场设备（如变送器、调节阀、基地式控制器、记录仪、PLC、便携式终端等）与控制室自动化设备可以在同一总线上进行双向、多信息数字通信。现场总线是用全数字化、双向、多变量的通信方式来代替了之前普遍使用的 4~20mA 单变量、单向模拟传输方式。通常，我们将建立在现场总线基础上的控制系统称为 FCS，其基本结构如图 1-5 所示。

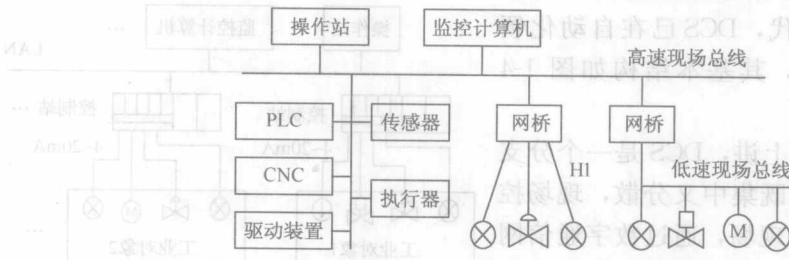


图 1-5 现场总线控制系统基本结构

FCS 是一种新型的网络集成式全分布控制系统。现场总线作为设备的联系纽带，把挂接在总线上的、作为网络节点的智能设备连接成网络系统，并通过组态进一步成为控制系统，实现基本控制、补偿计算、参数修改、报警、显示、监控、优化以及测、控、管一体化的综合自动化功能。由此可以看到，现场总线是一个以智能传感器、自动控制、计算机、通信、网络等技术为主要内容的多学科交叉的新兴技术，在过程工业、制造工业、楼宇自动化、交通运输、电力配送等领域都有广泛的应用前景，被誉为 21 世纪最有发展潜力的自动化技术。

与 SCC、DCS 等其他类型控制系统相比，建立在现场总线基础上的 FCS 具有更大的优越性，我们将在下一节里专门进行介绍。

1.2 现场总线的特点

长久以来，过程控制现场的设备之间主要采用点对点连接，用模拟电压、电流信号进行测量与控制，难以实现设备与设备之间、系统与外界的信息交换。现场总线的出现，将从根本上改变这种状况。

1.2.1 现场总线的基本特性

全数字通信的现场总线，不同于 DDC、PLC、DCS 等系统，它是在吸收了这些系统优点的基础上发展起来的一门新技术，具有很强的生命力和优越性。

(1) 开放性。开放是指相关标准的一致性、公开性，强调对标准的共识与遵从。所谓开放系统，是指它可以与任何遵守相同标准的其他设备或系统连接。现场总线标准是公开的、一致的，对用户是透明的。不同厂家的设备或网络之间可以实现信息交换，用户可根据自己的需要，使用来自不同厂家的产品，组成大小可调整的、开放的互连系统。

(2) 互可操作性与互换性。互可操作性是指互连的设备之间、系统之间可以相互通信或操作；而互换性则意味着不同厂家生产的性能类似的设备可以相互替换。

(3) 设备智能化。全数字化通信的前提是设备具有数字信号处理能力，以微处理器为基础的现场总线设备，不仅能够满足这一要求，而且能够实现各种功能，如滤波、标度变换、报警、修正补偿、状态诊断以及自动控制等。另外，从图 1-6 中可以看出，由于减少了 A/D 与 D/A 转换环节，也使得测控精度得到提高。

(4) 彻底分散。现场总线构成一种全分布式控制系统结构，从根本上改变了集中与分散相结合的 DCS 结构。例如，在 FCS 中可将 PID 运算等植入现场仪表中，实现现场自主调节。

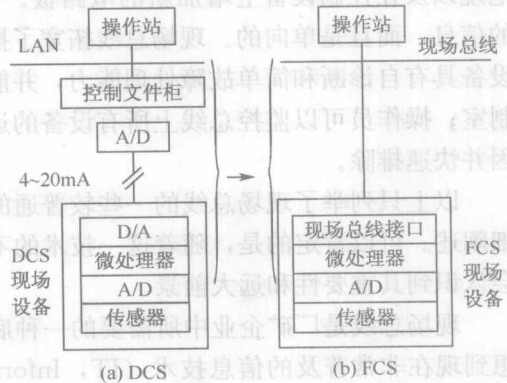


图 1-6 FCS 与 DCS 基本转换环节比较