

Jisuanji Kongzhi Wangluo

计算机控制网络

葛运旺/主编

武汉理工大学出版社

WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

主要内容
 高职高专系列教材

计算机控制网络

葛运旺 主 编

武汉理工大学出版社

本书可作为高等院校、中等职业学校、成人教育、干部轮训、岗位培训等教材，也可供从事计算机控制网络的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

I. 计...
 II. 葛...
 III. 计算机控制网络—高等学校—教材
 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核

出版发行：武汉理工大学出版社
 地址：武汉市武昌珞珈路133号 邮编：430070
<http://www.techbook.com.cn>
 E-mail: lwyj@mail.whut.edu.cn

印刷：荆州市海鹰印刷厂

经销：各地新华书店

开本：787×1092 1/16

印张：18.5

字数：470千字

版次：2005年9月第1版

印次：2005年9月第1次印刷

印数：1~1600册

定价：28.00元

内 容 提 要

本书主要介绍了计算机控制系统的网络化发展趋势和计算机控制网络中的最新技术,计算机网络基础,现场总线,ARCNET、FDDI 和工业以太网,集散控制系统的组成与体系结构,集散控制系统的可靠性技术,组态软件,集散控制系统设计与应用等。

本书可以作为专科学校电气类专业计算机控制网络、现场总线及集散控制系统等相关课程教材,也可以作为本科学生及工程技术人员参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制网络/葛运旺主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2005
ISBN 7-5629-2321-3

I. 计…

II. 葛…

III. 计算机控制系统-高等学校:技术学校-教材

IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 086667 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn>

E-mail:Liuyj@mail.whut.edu.cn

印刷者:荆州市鸿盛印刷厂

经销者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:18.5

字 数:470 千字

版 次:2005 年 9 月第 1 版

印 次:2005 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~1600 册

定 价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

前 言

随着通信技术、计算机网络技术、控制技术和软件技术的发展,计算机控制系统正在向网络化方向发展,为了适应这种趋势,我们编写了此书。全书包括四部分内容:计算机通信与网络基础、工业以太网与现场总线、集散控制系统及应用、组态软件。全书共需 70 学时。

本书共分九章。第一章概述了计算机控制系统的网络化发展趋势和计算机控制网络中的最新技术。第二章和第三章介绍了控制网络必备的基础知识,包括计算机通信中的一些常用术语、交换技术、差错控制、计算机网络定义和特点、计算机网络标准、TCP/IP、局域网及介质访问控制方法等。第四章为现场总线,主要介绍 RS-485 和 IEC 现场总线标准,包括 FF、CAN、Profibus、DeviceNet、HART 和 LonWorks 等。第五章主要讲述控制级网络 ARCNET、FDDI 和工业以太网。第六章讲述集散控制系统的组成与体系结构、集散控制系统的基本控制器、工程师站和操作员站以及新一代集散控制系统组成与特点。第七章为集散控制系统的可靠性,主要介绍集散控制系统可靠性指标、提高集散控制系统利用率的措施、DCS 容错与冗余设计和 DCS 的抗干扰措施。第八章为组态软件简介,主要介绍组态软件的基本概念和特点、组态软件基本构成、组态软件的图形开发环境、组态软件的 I/O 设备驱动、组态软件程序接口(包括 ActiveX、OLE、DDE、COM、OPC 等)。第九章为集散控制系统设计与应用,主要介绍集散控制系统的评价、集散控制系统的选择、集散控制系统的设计、集散控制系统的调试、安装与验收。

本次编写分工如下:第一、四、五、七章由葛运旺老师编写,第二、八章由罗尚民老师编写,第六、九章由蒋建虎老师编写,第三章由路纲老师编写,全书由葛运旺老师任主编并统一定稿。宋书中教授审阅了全书,并提出了宝贵意见。

本书在编写过程中参考和利用了大量文献资料,很多资料取自网上或公司产品样本,无法在参考文献中一一列出,在此谨向原作者们表示衷心的感谢。

由于控制系统发展很快,特别是近年来现场总线、工业以太网和软件的高速发展,网间设备层出不穷,控制系统网络结构千变万化,控制系统应用领域迅速扩张和延伸,很多内容无法得到翔实的资料,加上作者学识水平有限,本书所介绍的内容还不够深入,错误和不妥之处也在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 4 月

目 录

(88)		附录 参考文献,一
(78)		附录 参考文献,二
(78)		附录 参考文献,三
(98)		附录 参考文献,四
(88)		附录 参考文献,五
第一章 概述.....	(1)	
第一节 计算机控制系统的结构与发展.....	(1)	
一、计算机控制的一般概念	(1)	
二、直接数字控制系统的一般组成	(2)	
三、DDC 系统结构演变为 DCS 的必然性	(4)	
四、计算机控制系统的实时性问题	(5)	
第二节 控制系统的网络化发展趋势.....	(6)	
一、CIMS 体系结构及工业数据结构的层次划分	(6)	
二、传统的现场级与车间级自动化监控及信息集成系统	(7)	
三、现场总线技术的产生	(8)	
四、基于现场总线的自动化系统结构的变化	(9)	
第三节 计算机控制网络中的最新技术	(10)	
一、嵌入式技术.....	(11)	
二、开放的标准.....	(12)	
三、先进控制技术.....	(12)	
四、EIC 一体化.....	(13)	
五、综合自动化.....	(13)	
复习思考题	(15)	
第二章 数据通信基础	(16)	
第一节 数据通信中的一些基本概念和术语	(16)	
一、模拟数据通信和数字数据通信.....	(16)	
二、数据通信中的主要技术指标.....	(19)	
三、通信方式.....	(21)	
四、数据编码技术	(22)	
第二节 传输介质	(25)	
一、双绞线.....	(25)	
二、同轴电缆.....	(26)	
三、光纤.....	(27)	
四、无线介质.....	(29)	
第三节 差错控制方法	(31)	
一、差错的产生原因及其控制方法.....	(31)	
二、奇偶校验码.....	(32)	
三、循环冗余码(CRC).....	(34)	
第四节 多路复用	(36)	

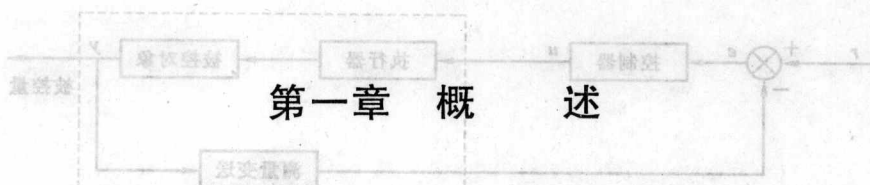
一、频分多路复用	(36)
二、波分多路复用	(37)
三、时分多路复用	(37)
第五节 数据交换技术	(39)
一、电路交换	(39)
二、报文交换	(40)
三、分组交换	(41)
复习思考题	(42)
第三章 计算机网络	(43)
第一节 概述	(43)
一、计算机网络的组成	(43)
二、计算机网络的主要功能	(44)
三、计算机网络分类	(45)
四、网络拓扑结构	(48)
第二节 OSI 基本参考模型	(49)
一、物理层	(50)
二、数据链路层	(51)
三、网络层	(52)
四、传输层	(55)
五、会话层	(57)
六、表示层	(59)
七、应用层	(59)
第三节 局域网	(60)
一、局域网的主要技术	(60)
二、局域网标准	(62)
三、局域网的媒体访问控制方法	(63)
四、局域网交换机	(67)
第四节 以太网	(68)
一、以太网与 802.3	(69)
二、快速以太网	(71)
三、千兆位以太网	(72)
第五节 无线局域网	(74)
一、概述	(74)
二、扩频通信技术	(77)
三、802.11 无线局域网	(77)
第六节 TCP/IP 协议	(81)
一、概述	(81)
二、网络接口层	(82)
三、网络层	(83)

(311) 四、传输层	(85)
(311) 五、应用层	(89)
(311) 复习思考题	(91)
第四章 现场总线	(93)
(811) 第一节 现场总线国际标准	(93)
(911) 一、工业现场对现场总线的要求	(93)
(031) 二、现场总线技术概念	(94)
(031) 三、现场总线的发展现状	(95)
(131) 第二节 串行通信总线	(105)
(031) 一、EIA RS-232-C 标准	(105)
(131) 二、RS-422 与 RS-423 接口标准	(108)
(131) 三、RS-485 总线标准	(109)
(831) 第三节 CAN 总线	(112)
(131) 第四节 基金会现场总线 FF H1	(115)
(831) 一、ISO/OSI 参考模型与 FF 通信模型的对应关系	(115)
(131) 二、基金会现场总线的网络通信结构	(118)
(131) 三、网络拓扑结构	(118)
(331) 四、传输介质	(118)
(331) 五、H1 网络的组成部件	(119)
(931) 六、FF 现场总线软件系统结构	(120)
(031) 第五节 PROFIBUS	(120)
(031) 一、PROFIBUS 概貌	(121)
(131) 二、PROFIBUS-DP	(123)
(031) 三、PROFIBUS-PA	(127)
(031) 第六节 LonWorks 现场总线	(128)
(331) 一、Neuron Chip 神经元专用芯片	(128)
(831) 二、LonTalk 通信协议	(130)
(031) 三、LonBuilder 及 NodeBuilder 开发工具	(135)
(331) 四、LonWorks 技术的应用	(136)
(331) 复习思考题	(140)
第五章 控制级网络	(142)
(003) 第一节 ARCNET 控制网络	(142)
(003) 一、ARCNET 的时间确定性	(142)
(003) 二、定向信息传送	(143)
(103) 三、广播信息	(143)
(103) 四、节点进网与退网	(143)
(103) 五、ARCNET 网络的连接方式	(144)
(103) 六、ARCNET 帧结构	(145)
(103) 七、扩展 ARCNET 网络	(145)

(28) 第二节 光纤分布式数据接口 FDDI	(146)
(28) 一、FDDI 标准	(146)
(19) 二、FDDI 的帧结构	(147)
(30) 三、典型的拓扑结构	(147)
(32) 四、主要特点	(148)
(33) 第三节 工业以太网	(149)
(40) 一、以太网的优点	(150)
(20) 二、工业以太网的概念	(150)
(201) 三、工业以太网的关键技术	(151)
(30) 第四节 几种主要的工业以太网	(160)
(801) 一、IDA & Modbus/TCP 工业以太网	(161)
(001) 二、Ethernet/IP 工业以太网	(164)
(311) 三、FF HSE 高速以太网	(168)
(211) 四、PROFINet 工业以太网	(171)
(61) 复习思考题	(173)
第六章 集散控制系统(DCS)组成与结构	(174)
(81) 第一节 集散控制系统概念	(174)
(811) 一、各类控制系统的特点与比较	(175)
(011) 二、分布式控制系统的组成及体系结构	(176)
(03) 第二节 新一代分布式控制系统	(179)
(031) 一、促进第四代 DCS 形成的原因	(180)
(131) 二、第四代 DCS 的体系结构	(180)
(331) 三、第四代 DCS 的技术特点	(184)
(33) 第三节 几种典型的 DCS 结构与特点	(186)
(331) 一、Honeywell 公司的 Experion PKS 系统	(186)
(331) 二、Foxboro 公司的 A ² 系统	(187)
(031) 三、ABB 公司的 Industrial ^{IT} 系统	(188)
(331) 四、Emerson 公司的 Plantweb 系统	(190)
(031) 五、西门子 SIMATIC PCS7 6.0	(192)
(041) 六、和利时公司的 HOLLIAS 系统	(197)
(34) 复习思考题	(199)
第七章 集散系统的可靠性	(200)
(34) 第一节 系统可靠性指标	(200)
(341) 一、可靠度 $R(t)$	(200)
(341) 二、失效率 $\lambda(t)$	(201)
(341) 三、平均故障间隔时间	(201)
(441) 四、平均故障修复时间 MTTR	(201)
(341) 五、平均寿命	(201)
(341) 六、利用率	(201)

第二节 提高系统利用率的措施	(202)
一、提高元器件和设备的可靠性	(202)
二、提高系统对环境的适应能力	(202)
三、容错技术的应用	(203)
四、DCS 的分散化结构	(203)
五、全系统的多级操作控制	(204)
六、故障自诊断技术	(204)
七、DCS 的远程诊断和维护	(205)
第三节 DCS 容错与冗余设计	(206)
一、容错与冗余的概念	(206)
二、分布式控制系统的冗余设计	(208)
三、DCS 双机冗余系统的实现	(215)
四、集散控制系统的电源冗余	(219)
五、过程通道冗余措施	(220)
第四节 DCS 的接地措施	(220)
一、接地的作用	(220)
二、接地要求和方法	(222)
复习思考题	(226)
第八章 组态软件简介	(228)
第一节 组态软件概述	(228)
一、组态/组态软件的基本概念及其特点	(228)
二、组态软件的发展趋势	(229)
第二节 组态软件的系统构成	(231)
一、以使用软件的工作阶段划分	(231)
二、按照成员构成划分	(232)
第三节 组态软件的图形开发环境	(234)
一、基本概念	(235)
二、图形开发环境的工作桌面	(238)
第四节 组态软件的 I/O 设备驱动	(239)
一、设备驱动程序在组态软件中所处地位及数据流图	(239)
二、设备驱动程序完成的主要功能	(240)
三、设备驱动程序能够连接的设备种类	(241)
四、设备驱动程序的技术指标	(241)
五、使用设备驱动程序的注意事项	(241)
第五节 组态软件接口程序	(241)
一、DDE(动态数据交换)	(241)
二、OLE(对象链接与嵌入)	(242)
三、DLL(动态链接库)	(243)
四、COM(组件对象模型)	(244)

(308) 五、ActiveX	(245)
(308) 六、DCOM(分布式 COM)	(245)
(308) 七、COM+	(245)
(308) 八、ODBC(开放的数据库连接)	(245)
(308) 第六节 OPC	(246)
(408) 一、OPC 发展史	(247)
(408) 二、OPC 对传统的过程控制系统结构改进	(247)
(208) 三、OPC 与分布式控制	(248)
(308) 第七节 工控编程语言 IEC61131-3	(249)
(308) 一、IEC61131 概述	(249)
(808) 二、IEC61131-3 国际标准的主要特点	(250)
(218) 三、IEC61131-3 的应用情况	(251)
(918) 四、IEC61131-3 梯形图编程(LD)	(252)
(088) 五、功能框图(Function Block Diagram, FBD)语言	(252)
(088) 六、顺序功能流程图(SFC)	(254)
(088) 七、结构化文本(ST)	(256)
(388) 八、指令表(IL)	(258)
(388) 复习思考题	(259)
第九章 集散控制系统的设计与应用	(260)
(888) 第一节 集散控制系统的评价	(260)
(888) 一、技术性能评价	(260)
(988) 二、使用性评价	(263)
(188) 三、可靠性与经济性评价	(264)
(188) 第二节 集散控制系统的选择	(265)
(888) 一、选择原则	(265)
(488) 二、评价方法	(265)
(388) 第三节 集散控制系统的设计	(267)
(888) 一、方案论证	(267)
(988) 二、方案设计	(271)
(988) 第四节 集散控制系统的调试、安装与验收	(277)
(340) 一、集散控制系统的调试	(277)
(341) 二、集散控制系统的安装	(278)
(148) 三、集散控制系统的验收	(278)
(148) 四、DCS 的管理、维护和应用软件的再开发	(279)
(148) 复习思考题	(280)
参考文献	(281)
(348)	(281)
(348)	(281)
(348)	(281)



第一章 概述

随着生产由简单过程向大型化、连续化、集成化和复杂化方向发展,与之相应的控制技术、控制理论、控制系统和控制工具都发生了很大的变化。即控制技术由单变量控制技术发展到多变量协调控制技术;控制理论由经典控制理论(基于频域法)发展到现代控制理论(基于时域法)和智能控制理论(基于规则、知识);控制系统由简单控制系统(如:PID 控制、串级、比值、前馈、Smith 等)发展到先进控制系统(如:预测、推断、模糊、神经、鲁棒等控制)和综合自动化系统(控制、管理与决策一体化);控制工具由常规仪器仪表发展到计算机及其网络。计算机控制技术的应用领域日益广泛,如在冶金、化工、电力、建材、数控机床、工业机器人、机械工业中的柔性制造系统(FMS)和现代计算机集成制造系统(CIMS)等方面已经取得了令人瞩目的应用成功,并且在国民经济中发挥着越来越大的作用。

计算机技术的发展为先进控制的实现奠定了物质基础,而控制技术的应用又促进了计算机技术的发展,两者密切相关。以计算机为主的控制系统经历了 DDC(Direct Digital Control,直接数字控制系统)、DCS(Distributed Control System,集散控制系统)、FCS(FieldBus Control System,现场总线控制系统)和 CIPS(Computer Integrated Process System,计算机集成过程控制系统)四个发展阶段。

DDC 控制集中危险也集中,一般采用双机/多机系统冗余结构,来保证控制系统的可靠性。为进一步提高控制系统的可靠性,20 世纪 70 年代中推出了 DCS 系统。20 世纪 80 年代中至 90 年代初是 DCS 发展的顶峰时期,DCS 应用广泛,技术成熟。20 世纪 90 年代出现的新型 FCS 则突破了 DCS 系统中通信由专用网络的封闭系统来实现所造成的缺陷,把基于封闭、专用的解决方案变成了基于公开化、标准化的解决方案。FCS 及其应用是当今研究的热点。以现场总线/DCS 为基础的综合自动化系统 CIPS 集过程控制与综合管理(经营决策、管理、计划、调度等)于一体,便于企业能快速适应风云变幻的市场,以增强企业的竞争力。CIPS 的实现是未来追求的目标。

第一节 计算机控制系统的结构与发展

一、计算机控制的一般概念

计算机控制系统由控制计算机本体(包括硬件、软件和网络结构)和受控对象两大部分组成。工业生产中的自动控制系统随控制对象、控制算法和采用的控制器结构的不同而有所差别。从常规来看,控制系统为了获得控制信号,要将被控量 y 和给定值 r 进行比较,得到偏差信号 $e=r-y$ 。然后直接利用 e 来进行控制,使系统偏差减少直至消除系统偏差。这种控制,由于控制量是控制系统的输出,被控量的变化值又反馈到控制系统的输入端,与作为系统输入量的给定值相减,所以称为闭环反馈系统,如图 1.1 所示。

从图 1.1 可以看出,自动控制系统的基本功能是信号的传递、加工和比较。这些功能是由

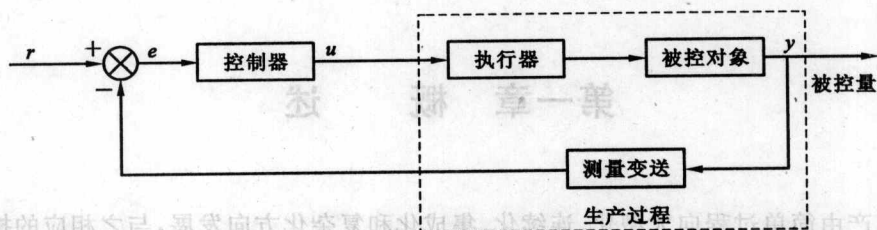


图 1.1 闭环控制系统的一般形式

传感器、变送器、控制器和执行器来完成的。控制器是控制系统中最重要的部分，它从质和量的方面决定了整个控制系统的性能和应用范围。

如果把图 1.1 中的控制器用计算机来代替，就可以构成计算机控制系统，如图 1.2 所示。

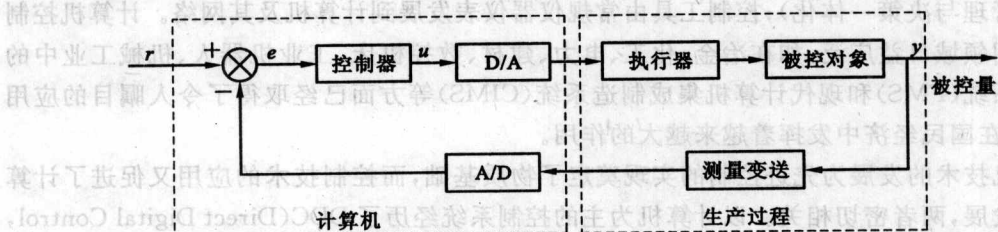


图 1.2 计算机控制系统的基本框图

控制系统中引进计算机，可以利用计算机强大的计算、逻辑判断和记忆等信息处理能力，实现各种控制功能。由于计算机只能处理数字信号，因此，在计算机控制系统中，需要将输入的模拟量通过 A/D 转换器转换为数字量信号，同时利用 D/A 转换器将计算机输出的数字量信号转换为模拟量信号。

在这里计算机的主要功能是：

① 实时数据采集 对受控对象每隔一定的时间进行采样和 A/D 转换，并将结果读入 CPU。

② 实时计算 将 A/D 转换的数据进行处理，按一定的控制规律进行计算，计算结果作为当前控制量。

③ 实时控制 将控制量经 D/A 转换后输出，进而控制执行机构。

二、直接数字控制系统的一般组成

计算机直接数字控制系统(DDC)由计算机硬件设备、控制软件、通信网络三大部分组成。

1. 硬件组成

计算机直接数字控制系统通常由计算机主机、常规外围设备、过程通道、I/O 接口电路、运行操作台和通信接口电路等组成，如图 1.3 所示。

(1) 计算机主机

由 CPU 和存储器组成，包括程序存储器和数据存储器，是整个控制系统的核心。

(2) 常规外围设备

常规外围设备包括输入设备、输出设备和存储设备，根据计算机控制系统的规模和要求进行配备。

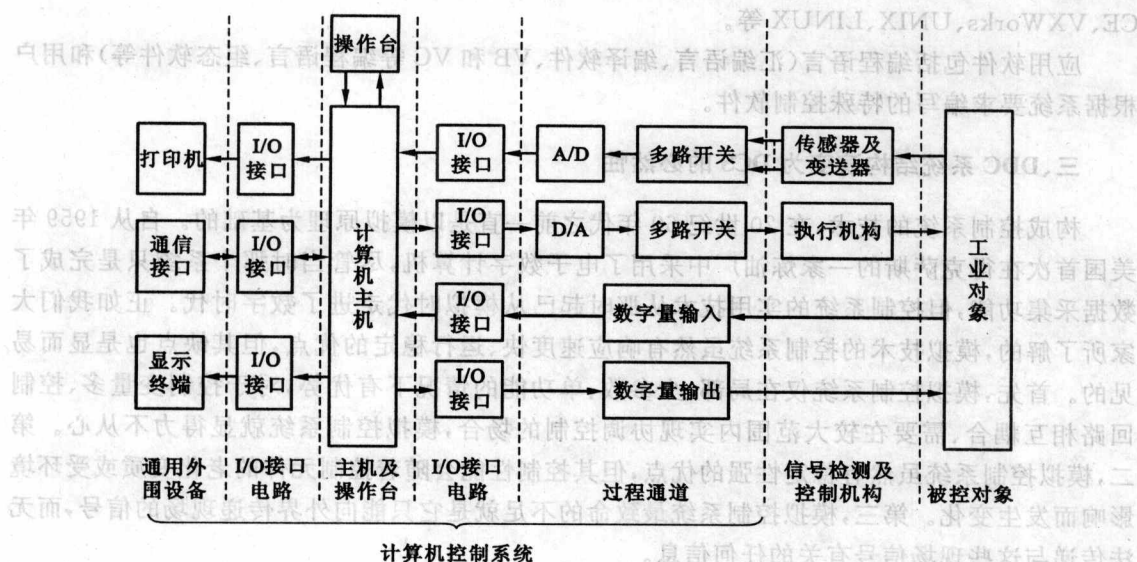


图 1.3 直接数字控制系统硬件的一般组成框图

常用的输入设备有：键盘、鼠标、数字化仪等，主要用于程序和数据等输入。

常用的输出设备有：显示器、打印机、绘图仪等，主要用于各种信息显示、打印等。

常用的存储设备有：硬盘、磁带机、软盘、移动存储器等。

(3) 过程通道

工业过程参数一般是非电量参数，必须经过传感器（一次仪表）转换为电量信号。这些信号均为模拟量信号或是高于 5V 的电平信号，要进入计算机就必须进行转换，控制设备要求的输入信号也是如此，完成这些任务的就是过程通道。

过程通道一般可以分为：模拟量输入输出通道（模拟 I/O）和开关量输入输出通道（离散 I/O）。

从某种意义上说，传感器、变送器、电动和气动单元以及其他执行器也应属于计算机控制系统的一部分。

(4) I/O 接口电路

过程通道并不能直接由 CPU 控制，必须由 I/O 接口来完成信息的传递。从广义上说，过程通道也应属于 I/O 接口电路，但这里讲的 I/O 接口电路指的是通用 I/O 接口电路，包括串口、并口和管理接口（中断接口、DMA、FIFO、定时/计数器等）。

(5) 运行操作台

是计算机控制系统实现人机对话的桥梁，运行操作台的形式各种各样，其中的典型代表就是在 PLC 组成的控制系统中应用最多的 HMI。

(6) 通信接口

是计算机控制系统与其他系统或设备（PLC、变频器等）以及与上位系统（DCS、MIS、SCADA 等）联系的桥梁，包括 RS-232、RS-485、以太网、现场总线接口等。

2. 软件组成

软件是履行控制任务的关键，计算机控制系统软件包括系统软件和应用软件两大部分。

系统软件提供计算机运行和管理的基本环境，如 DOS、Windows、Windows NT、Windows

CE、VXWorks、UNIX、LINUX 等。

应用软件包括编程语言(汇编语言、编译软件、VB 和 VC 等编程语言、组态软件等)和用户根据系统要求编写的特殊控制软件。

三、DDC 系统结构演变为 DCS 的必然性

构成控制系统的技术,在 20 世纪 60 年代之前一直是以模拟原理为基础的。自从 1959 年美国首次在得克萨斯的一家炼油厂中采用了电子数字计算机,尽管当时那个系统只是完成了数据采集功能,但控制系统的实用技术从那时起已从模拟时代走进了数字时代。正如我们大家所了解的,模拟技术的控制系统虽然有响应速度快、运行稳定的优点,但其缺点也是显而易见的。首先,模拟控制系统仅在局部、少参数、单功能的情况下有优势,对于控制变量多、控制回路相互耦合、需要在较大范围内实现协调控制的场合,模拟控制系统就显得力不从心。第二,模拟控制系统虽然有稳定性强的优点,但其控制性能会随着控制元件的老化变质或受环境影响而发生变化。第三,模拟控制系统最致命的不足就是它只能向外界传递现场的信号,而无法传递与这些现场信号有关的任何信息。

鉴于模拟控制系统的种种问题,加上电子数字计算机出现后带来的数字化技术革命,越来越多的控制系统采用了所谓直接数字控制(Direct Digital Control, DDC)的系统体系结构。DDC 的体系结构不再使用传统的模拟式的显示元件和操作控制元件,而将现场变送器传送出来的电信号送入电子数字计算机(在此,关键的技术是模拟信号的数字化,即 A/D 转换),通过计算机的处理,由计算机给出控制命令去调整现场的执行机构(在这个环节上要将数字信号反变换为模拟信号,即 D/A 转换)。DDC 体系结构对综合控制性能和系统控制台的改变是最大的。

在 DDC 系统中,由于信号的集中处理,多个控制回路可以实现有机的协调控制,使得系统优化、解耦控制等高级功能得以实现,同时在控制台上,显示和操作在理论上可以由 CRT 和键盘完全取代,因此得以大大简化。也给系统设计师以极大的空间来按人体工程学的理论和技术设计系统操作方式,最大程度地减少了人为误操作引起的事故。同时,由于 DDC 所采取的控制技术是数字的,因此不存在模拟控制中无法避免的环境影响和元件老化带来的控制性能变差的问题。但 DDC 不能解决大量信号传输引起的布线工程问题,而且由于 DDC 采用了集中控制结构,使它引出了新的系统问题,即控制的响应速度问题和系统的安全性问题。

为了解决上述问题,DDC 的系统结构逐渐演变为分布式的系统结构,即当今广泛使用的 DCS 系统结构。DDC 的技术基础是电子数字计算机,而 DCS 则建立在电子数字计算机和计算机局域网这两个技术基础之上。DCS 将集中的控制变为由局域网连接的多台计算机控制,每台计算机完成这个系统中某一部分的数字控制。这样缩小了计算机的控制规模,提高了控制的响应速度和控制的安全性,同时保持了数字控制的优越性。对于一个特定的系统,只要合理地选择控制规模,即每台计算机的控制回路数量,就可以满足系统在控制响应性方面的要求。同时由于每台计算机所控制的是系统中某个局部的回路,因此单台计算机的故障不会导致整个系统的失控,大大提高了系统的安全性。但 DCS 在解决布线工程方面仍然没有根本性的改进。

在 DDC 向 DCS 发展的过程中,还有一种重要的产品形态,即单回路控制器(SLC)也获得了很大的进展。SLC 在控制方面可以说是将 DCS 分布控制的思路发展到了最大限度,即每个

控制回路用一台计算机。当然这种计算机是成本很低的嵌入式微处理机。但由于 SLC 的设计思路是以数字控制技术代替模拟控制技术,其产品形态仍然是控制仪表的方式,而这种方式对于集中操作控制方面与传统仪表方式相比并没有太多改进,因此其应用受到了限制。而且由于大多数 SLC 仅使用性能较差的串行口实现互相连接,因此在规模较大的系统中难于实现较大范围的协调控制。

四、计算机控制系统的实时性问题

1. 什么是实时控制

实时性问题是计算机控制系统中一个非常关键的问题,针对实时性的概念有众多不同的说法,对不同的控制系统实时性所包含的内容也不尽相同,不同的控制系统控制周期的长短也有不同的要求。对 DDC 系统,如果计算机控制系统能够在工艺要求的时间之内完成数据采集、处理和输出,则称其为实时控制。而对 DCS,还应该考虑通信时间。

在工业控制系统中,有时将实时性分为硬实时和软实时两种不同的类别,二者没有严格界限。

硬实时:控制中系统响应时间如果达不到将导致致命后果(如汽车 ABS、飞机、工具机床等)。

软实时:系统响应时间如果达不到要求,仅仅影响系统的控制质量,而不会造成严重后果(如楼宇系统、电梯、仓库管理等)。

2. 抖动

所谓抖动,就是指同样过程每次完成或响应时间上的偏差,也就是时间精度,如图 1.4 所示。

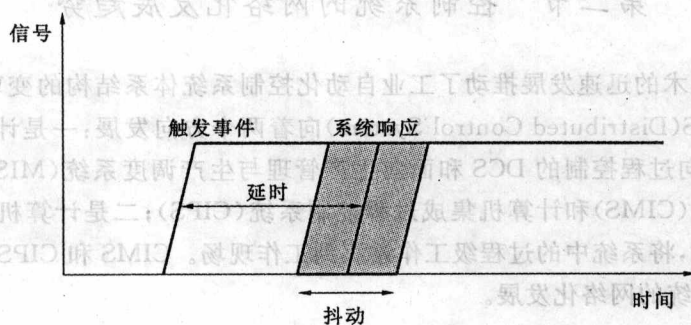


图 1.4 抖动

抖动量的大小对于一些过程的控制,如运动控制或一些高精度的闭环控制是非常关键的。

3. 通信周期时间

众所周知,控制系统中的程序是以周期循环的方式进行的,一个周期内,所有的输入被刷新,完成计算任务后,再被写入输出中。周期时间的长短由控制对象决定,高动态的传动控制周期往往要达到毫秒级。

当系统联网后,网络数据交换速度应该与系统运算周期时间相对应。在相对缓慢的生产过程中(如化工),每 $400\mu\text{s}$ 刷新一次通信数据没有什么必要。但是,在位置控制、电子齿轮、多轴联动等高精度运动控制中,刷新时间往往越短越好,时间越短,控制精度越高。

4. 实时级别的划分

按照不同过程对实时要求的不同,可以把实时性能划分为 4 个级别,如图 1.5 所示。其中级别 4 可以算是工控中对实时性要求最苛刻的,主要是在机械传动和运动控制系统对实时性的要求。

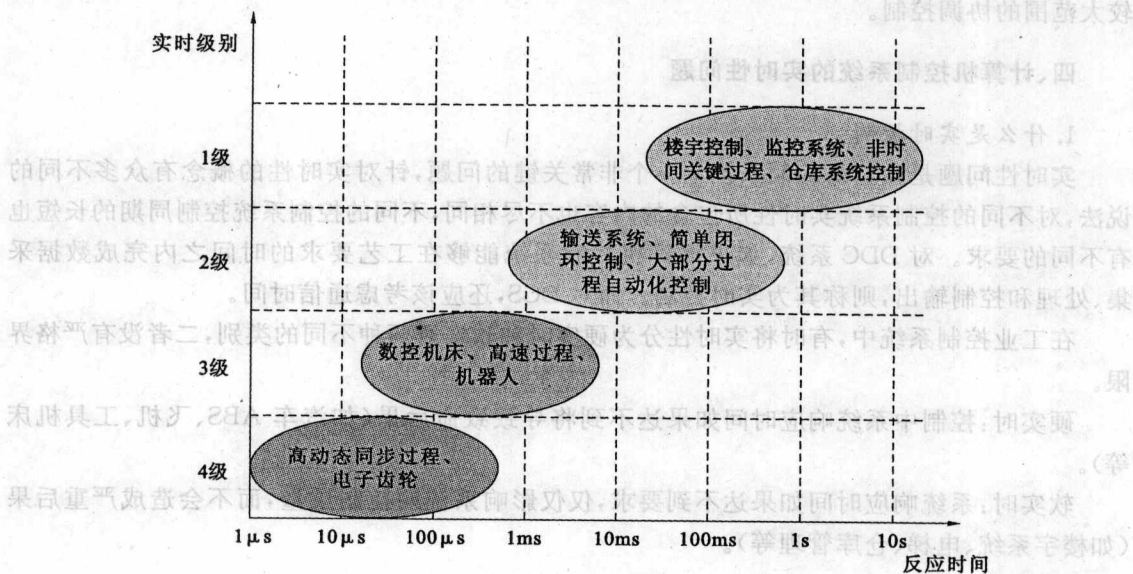


图 1.5 实时性能四个级别

第二节 控制系统的网络化发展趋势

计算机网络技术的迅速发展推动了工业自动化控制系统体系结构的变革,使得计算机分散式控制系统 DCS(Distributed Control System)向着两个方向发展:一是计算机控制系统向高层次发展,使面向过程控制的 DCS 和面向生产管理与生产调度系统(MIS)相结合,组成了现代集成制造系统(CIMS)和计算机集成过程控制系统(CIPS);二是计算机控制系统向生产过程的低层次渗透,将系统中的过程级工作站沉到工作现场。CIMS 和 CIPS 对控制系统的要求,促进了 DCS 系统的网络化发展。

一、CIMS 体系结构及工业数据结构的层次划分

根据工厂管理、生产过程及功能要求,CIMS 体系结构可分为 5 层,即工厂级、车间级、单元级、工作站级和现场级。简化的 CIMS 则分为 3 层,即工厂级、车间级和现场级。在一个现代化工厂环境中,在大规模的工业控制过程中,工业数据结构同样分为这三个层次,与简化的网络层次相对应。如图 1.6 所示。

现场级与车间级自动化监控及信息集成系统主要完成底层设备单机控制、联机控制、通信联网、在线设备状态监测及现场设备运行、生产数据的采集、存储、统计等功能,保证现场设备高质量完成生产任务,并将现场设备生产及运行数据信息传送到工厂管理层,向工厂级 MIS 系统数据库提供数据。同时也可接受工厂管理层下达的生产管理及调度命令并执行之。因

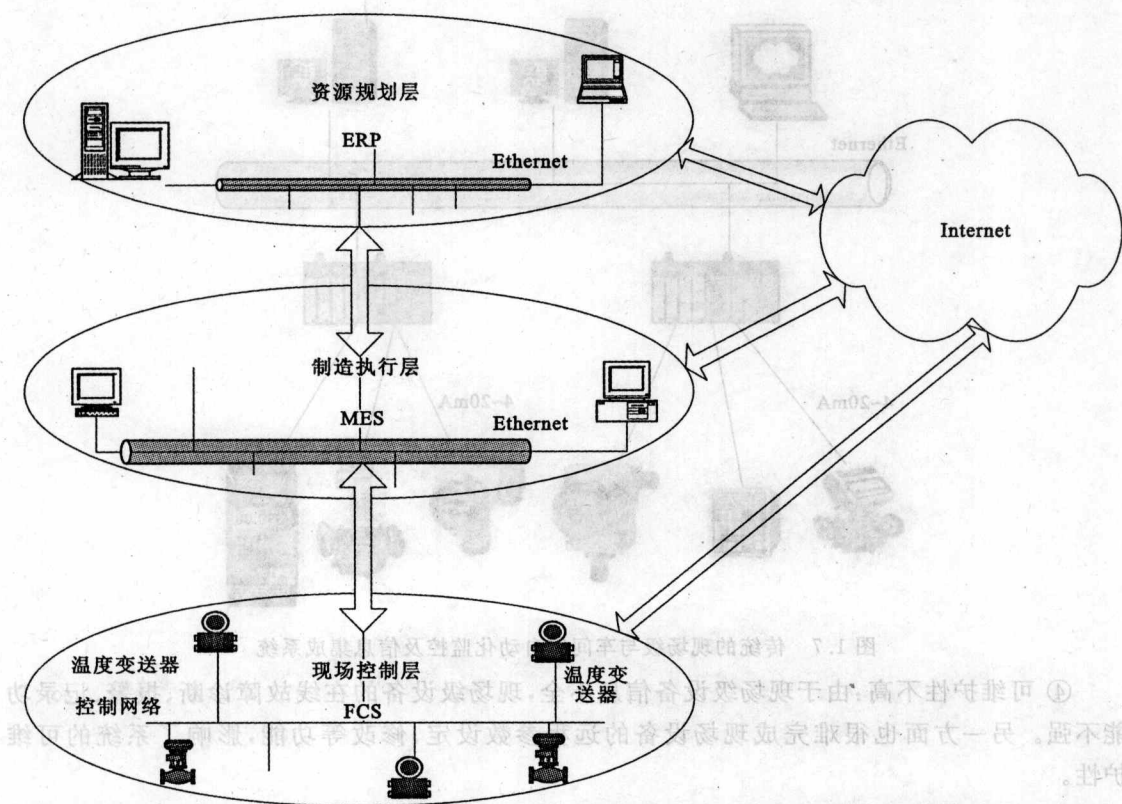


图 1.6 简化的 CIMS 体系结构

此,现场级与车间级监控及信息集成系统是实现工厂自动化及 CIMS 系统的基础。

二、传统的现场级与车间级自动化监控及信息集成系统

传统的现场级与车间级自动化监控及信息集成系统(包括基于 PC、PLC、DCS 产品的分布式控制系统),其主要特点之一是,现场层设备与控制器之间的连接是一对一(一个 I/O 点对设备的一个测控点)即所谓 I/O 接线方式,信号传递 4~20mA(传送模拟量信息)或 24VDC(传送开关量信息)信号。如图 1.7 所示。

这种传统的现场级与车间级自动化监控及信息集成系统的主要缺点是:

① 信息集成能力不强:控制器与现场设备之间靠 I/O 连线连接,传送 4~20mA 模拟量信号或 24VDC 等开关量信号,并以此监控现场设备。这样,控制器获取信息量有限,大量的数据如设备参数、故障及故障记录等数据很难得到。底层数据不全、信息集成能力不强,不能完全满足 CIMS 系统对底层数据的要求。

② 系统不开放、可集成性差、专业性不强:除现场设备均靠标准 4~20mA/24VDC 连接,系统其他软、硬件通常只能使用一家产品。不同厂家产品之间缺乏互操作性、互换性,因此可集成性差。这种系统很少留出接口,允许其他厂商将自己专长的控制技术,如控制算法、工艺流程、配方等集成到通用系统中去,因此,面向行业的监控系统很少。

③ 可靠性不易保证:对于大范围的分布式系统,大量的 I/O 电缆及敷设施工,不仅增加成本,也增加了系统的不可靠性。