



“十三五”普通高等教育本科规划教材

计算机控制技术与系统

冯江涛 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

非外借



“十三五”普通高等教育本科规划教材

计算机控制技术 与系统

主编 冯江涛
参编 王欣峰 高 佳
主审 李大中



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材。

本书全面系统地讲述了计算机控制系统中的各种应用技术。主要内容包括：计算机控制系统概述，过程通道及接口技术，人机接口技术，总线技术，过程数据处理技术，数字 PID 技术，可靠性与抗干扰技术，计算机控制系统的设计与实践，分散控制系统与现场总线控制系统等。每章后面都附有思考题，便于帮助读者掌握各部分内容。

本书可作为高等院校自动化类、电气类、电子信息工程及其自动化等相关专业的本科教材，也可作为广大从事计算机过程控制系统设计技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机控制技术与系统/冯江涛主编. —北京：中国电力出版社，2017.8

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5198-0917-1

I. ①计… II. ①冯… III. ①计算机控制系统—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 166996 号

出版发行：中国电力出版社

地 址：北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址：<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑：李 莉 (010-63412538)

责任校对：闫秀英

装帧设计：赵姗姗

责任印制：吴 迪

印 刷：北京雁林吉兆印刷有限公司

版 次：2017 年 8 月第一版

印 次：2017 年 8 月北京第一次印刷

开 本：787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张：16

字 数：392 千字

定 价：35.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

前 言

计算机控制技术是为适应工业控制需要发展起来的一门专业技术,主要研究如何将计算机技术和自动控制理论应用于生产过程,并设计出所需要的计算机控制系统。随着微电子技术、计算机技术、自动控制理论和通信技术的发展,小到各种微型控制设备,大到大型企业用于生产过程控制与信息管理的集成制造系统。计算机控制技术在工业控制领域中发挥着巨大的作用,应用范围越来越广泛,也越来越深入。

“计算机控制技术与系统”是我国工科院校自动化类专业普遍开设的专业课程。不同层次、不同背景的高校,其培养的目标和内容设置各有特点。本书侧重于应用主导型自动化及相关专业的培养需求。

在本书的编写过程中,编者依据应用型本科高校培养目标的要求,力求使教材体现应用型特色,突出讲解了计算机控制技术在实际应用中的知识结构与知识体系,主要从以下几个方面进行了努力和尝试:

(1) 在编写中特别注意理论性与应用性相结合,尽量讲清基本的理论、原理、思路等,并适当增加应用案例。

(2) 在编写中注意由浅入深、循序渐进的教学原则,首先让学生从浅显易懂的内容进入,再逐步加深难度。

(3) 在内容的编排上注意应用性,尽量选择典型的、常用的、成熟的技术。

本教材共分9章。第一章介绍计算机控制系统的基本概念、结构组成、系统分类等;第二章详细阐述模拟量输入/输出、开关量输入/输出及脉冲量输入等过程通道及接口技术,以及电动机控制技术;第三章介绍人机交互接口,主要包括键盘接口技术、LED显示接口技术、LCD显示接口技术;第四章主要介绍RS-232C、RS-485、I²C总线等串行总线;第五章介绍了过程控制的数据处理方法,包括数字滤波、标度变换、非线性补偿;第六章探讨数字PID及其算法,内容包括PID的数字化、PID算法改进、PID的工程化应用和数字PID参数的整定等;第七章主要从硬件和软件两个角度介绍了计算机控制系统的抗干扰技术;第八章以几个工程实例说明计算机控制系统的设计方法与设计思路;第九章介绍了大中型计算机控制系统的两种主流模式,即DCS和FCS,并从工程角度给出了DCS的应用示例和FCS的集成方案。

本教材由冯江涛主编。第一、六、九章及第二章的第一、二节由冯江涛编写,第三、四、八章由王欣峰编写,第五、七章及第二章的第三~五节由高佳编写。

由于编者水平有限,书中疏漏和不当之处在所难免,敬请各位同行和读者批评指正。

编 者

2017年6月

目 录

前言

第一章 计算机控制系统概述.....	1
第一节 计算机控制系统的组成.....	1
第二节 计算机控制系统的分类.....	4
第三节 控制计算机的分类.....	6
第四节 计算机控制系统的发展趋势.....	9
思考题	10
第二章 过程通道及接口技术	12
第一节 模拟量输出通道及接口技术	12
第二节 模拟量输入通道与接口技术	29
第三节 开关量输入通道及接口技术	50
第四节 开关量输出通道及接口技术	57
第五节 脉冲量输入通道	75
思考题	76
第三章 人机接口技术	78
第一节 键盘接口技术	78
第二节 显示器接口技术	86
思考题.....	102
第四章 总线技术.....	104
第一节 总线的基本知识.....	104
第二节 串行总线技术.....	106
第三节 MCU 总线技术	125
思考题.....	133
第五章 过程数据处理技术.....	135
第一节 查表与数字滤波.....	135
第二节 标度变换.....	143
第三节 数据极性与字长的预处理.....	145
第四节 测量数据的预处理技术.....	148
思考题.....	152
第六章 数字 PID 技术	153
第一节 PID 算法的数字化实现.....	153
第二节 PID 算法的改进.....	158

第三节	数字 PID 的工程实现	167
第四节	数字 PID 参数的整定	172
思考题		176
第七章	可靠性与抗干扰技术	177
第一节	干扰的来源及传播途径	177
第二节	硬件抗干扰技术	181
第三节	软件抗干扰技术	192
第四节	计算机控制系统的可靠性技术	196
思考题		200
第八章	计算机控制系统的设计与实践	201
第一节	计算机控制系统设计的基本要求和特点	201
第二节	计算机控制系统的设计方法及步骤	203
第三节	计算机控制系统的应用示例	207
第九章	分散控制系统与现场总线控制系统	222
第一节	分散控制系统	222
第二节	现场总线控制系统	235
第三节	FCS 的集成	242
思考题		249
参考文献		250

第一章 计算机控制系统概述

第一节 计算机控制系统的组成

一、计算机控制系统概念

计算机控制系统是以计算机为核心组成的自动控制系统，是自动控制系统发展到目前阶段的一种最新形式。

图 1-1 所示为闭环控制系统。被控量经测量反馈环节，与给定值进行比较产生偏差信号，控制器根据偏差信号，按照一定的控制规律产生相应的控制信号并驱动执行机构，对被控对象进行控制，以使被控量跟踪给定值。由于系统传递的是连续的模拟量信号，因此称之为模拟量控制系统，或连续控制系统。其中的控制器是用硬件实现，所采用的控制规律受到限制，这种控制器称之为模拟控制器。

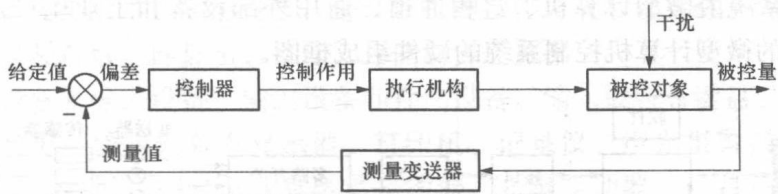


图 1-1 闭环控制系统

在图 1-1 所示的控制系统中，若用计算机代替模拟控制器便形成了计算机控制系统，如图 1-2 所示。由于计算机只能输入输出数字信号，所以在计算机控制系统中，对于模拟量信号输入，需要增加模数转换器（A/D），将连续的模拟量信号转换成计算机能接收的数字信号；对于输出，需加数模转换器（D/A），将计算机输出的数字信号转换成执行机构所需的连续模拟信号。在实际使用时，把计算机、D/A 转换器和 A/D 转换器等称为控制计算机，而执行机构、测量变送器和被控对象均属于生产过程。

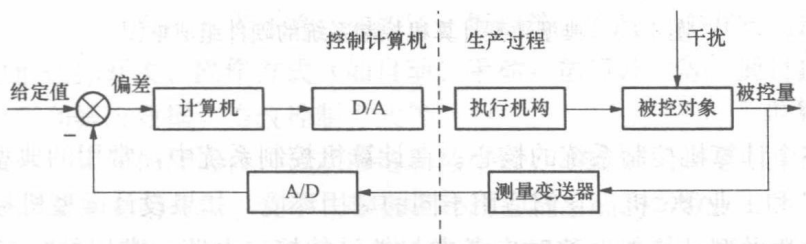


图 1-2 计算机控制系统原理图

计算机控制系统的控制过程可归纳为三个步骤：

- (1) 实时数据采集。对来自测量变送器的被控量的瞬时值进行实时采集和输入。
- (2) 实时数据处理。对采集到的被控量进行分析、处理、判断，并根据预定的控制规律

运算, 进行控制决策。

(3) 实时输出控制。根据控制决策, 实时地对执行机构发出控制信号, 完成控制或输出其他有关信号, 如报警信号等。

这三个步骤在计算机中不断地重复, 使系统能按照一定的动态性能指标工作。三个过程都强调了实时的概念。所谓的实时, 就是指信号的输入、计算和输出都在一定的时间范围内完成。

上面介绍的是计算机闭环控制。同理, 可在开关控制系统中, 引入以计算机为核心的开环控制系统。

在计算机控制系统的设计和应用中, 需要用到过程通道及接口技术、人机接口技术、总线接口技术、过程数据处理技术、控制算法、可靠性和抗干扰技术等计算机控制技术。

计算机控制系统除了需要硬件的支撑, 许多的功能都是通过软件来加以实现的。在基本不改变系统硬件的情况下, 只需修改计算机中的程序便可实现不同的控制功能。由于计算机具有很强的计算、逻辑判断和信息处理能力, 在计算机控制系统中, 可实现复杂控制和先进控制, 甚至智能控制, 如最优控制、自适应控制、非线性控制、模糊控制等。

二、计算机控制系统的硬件组成

计算机控制系统由微型计算机、过程通道、通用外部设备和工业生产对象等组成。图 1-3 给出了典型的微型计算机控制系统的硬件组成框图。

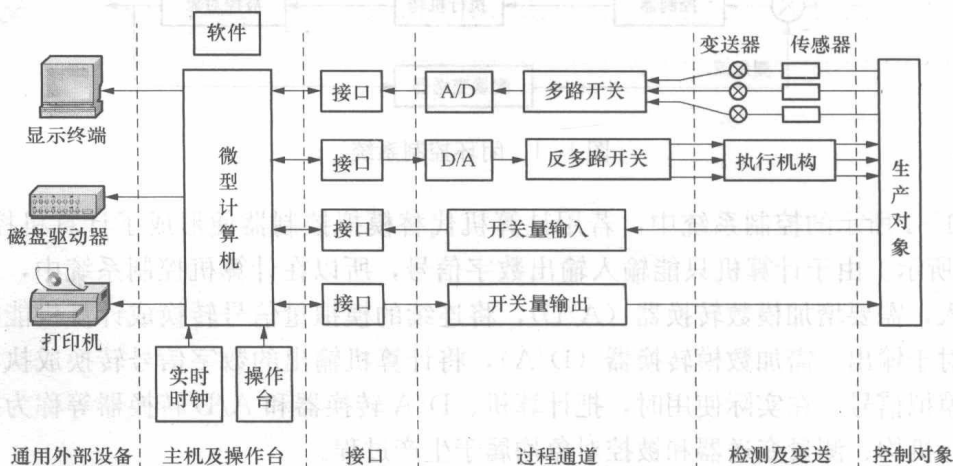


图 1-3 典型微型计算机控制系统的硬件组成框图

1. 微型计算机

计算机是整个计算机控制系统的核心。在计算机控制系统中, 常用的典型机型有单片微型计算机、PLC 和工业 PC 机, 它们适用不同的应用环境。如果设计微型机控制系统和智能仪表, 则选用单片微型计算机, 这时应考虑与外设的接口电路, 常用的接口有 Intel 8155、Intel 8255 并行接口, Intel 8251 串行接口, 定时/计数器 Intel 8253, 以及 A/D 和 D/A 芯片等。在中型和大型计算机控制系统中, 则考虑 PLC 和工业 PC 机, 这时需要考虑总线技术和开放式体系结构。

2. 过程通道

过程通道是计算机和被控过程进行信息交换的通道。根据信号传送方向分为输入通道和

输出通道；根据传送信号的形式，又可分为模拟量通道和开关量通道。因此，过程通道有模拟量输入通道（Analog Input, AI）、模拟量输出通道（Analog Output, AO）、开关量输入通道（Digital Input, DI）、开关量输出通道（Digital Output, DO）和脉冲量输入通道（Pulse Input, PI）。

生产过程中，随时间连续变化的量，称为模拟量。模拟量分为电气量和非电气量两种。电气量有电压、电流、有功功率、无功功率、频率等；非电气量有温度、压力、液位、流量、速度、距离等。为了使计算机能采集模拟量，在模拟量输入通道中，首先用传感器或变送器将所采集模拟量转换成标准的电信号，通过滤波、放大，最后经 A/D 转换器转换成计算机能接受的数字量。

控制系统通过执行机构实现对生产过程的直接调节和控制。由于绝大部分执行机构的输入为模拟量，因此，在模拟量输出通道中，需将计算机输出的数字量经 D/A 转换器转换成模拟量，控制执行机构的动作。

开关量是指具有两态的量，如开关的合、分，继电器动作与不动作，电动机的启动与停止。开关量信号需通过开关量的输入输出通道来传送。

3. 通用外部设备

通用外部设备为扩大主机功能设置，是计算机的操作人员和计算机系统联系的界面，主要完成信息的记录和存取，即显示、打印、存储和传送数据。

常用的外部设备有输入设备、输出设备和存储设备。输入设备有键盘、扫描仪等，主要用于输入程序和数据；输出设备有显示器、打印机、记录仪、声光报警器等，主要用于显示、记录各种信息和数据。存储设备有磁盘驱动器、光盘驱动器、U 盘等，主要用于存储程序和数据。

4. 操作控制台

操作控制台是人机联系设备。通过操作控制台，操作人员可及时了解被控过程的运行状态、运行参数，发出各种控制命令，实现相应的控制目标，还能通过它输入程序和修改有关参数。为实现上述功能，操作控制台一般应包括以下几部分：

(1) 信息显示。采用状态指示和报警指示的指示灯和声光报警器、LED、LCD 或 CRT 显示屏，显示所需内容和报警信号。

(2) 信息记忆。主要采用打印机、记录仪等输出设备。

(3) 工作方式选择。采用方式开关，如按钮、扳键等，实现工作方式的选择，例如电源开关、数据及地址选择开关、操作方式（如自动、手动）选择开关等。通过这些开关，可实现启停操作、设置和修改数据、修改控制方式等。

(4) 信息输入。采用标准键盘，或功能键和数字键，功能键主要是用来申请中断并完成对应的功能，数字键主要用来向主机输入数据或修改控制系统的参数。

操作控制台的各组成部分都通过对应的接口电路与计算机相连，由计算机实现对各部分的管理。

三、计算机控制系统的软件

对计算机控制系统而言，除了上述硬件组成部分以外，软件也是必不可少的。所谓的软件，是指能完成各种功能的计算机程序的总和，如操作、监控、管理、控制、计算和自诊断程序等。它是计算机控制系统的神经中枢，整个系统的工作都是在程序的指挥下进行协调

的。软件通常分为两大类：一类是系统软件；另一类是应用软件。

系统软件是计算机运行操作的基础，主要用于管理、调度、操作计算机各种资源，实现对系统监控与诊断，提供各种开发支持的程序，例如操作系统、监控管理程序、故障诊断程序、各种语言的汇编、解释和编译程序等。系统软件一般由计算机厂家提供，用户不需要自己设计开发，对用户来讲，它们只作为开发应用软件的工具。

应用软件是面向生产过程的程序，如 A/D 或 D/A 转换程序、数据采集程序、数字滤波程序、标度变换程序、键盘处理程序、过程控制程序（如 PID 运算程序）等。应用软件大都由用户根据实际需要自行开发。用于应用软件开发的程序设计语言有汇编语言、C 语言、VB、VC 等。目前也有一些专门用于控制的应用组态软件，具有功能强、使用方便、组态灵活的特点，可节省设计者大量的时间，因而也越来越受到用户的欢迎。

对于微型计算机控制系统或智能仪表，主要使用汇编语言和 C51 等高级语言进行开发。对于 PLC 或 IPC 等中大型控制系统，主要使用组态软件进行开发。

第二节 计算机控制系统的分类

计算机控制系统与其所控制的生产对象、采取的控制方法密切相关，因此计算机控制系统的分类方法很多。下面根据计算机控制系统的工作特点分别进行介绍。

一、操作指导控制系统

操作指导控制系统（Operation Guidance Control，OGC），又称为计算机数据采集与处理系统或计算机监测与监督系统，主要是指计算机的输出不直接用来控制生产对象，而只对系统过程参数进行采集、加工处理、数据输出。操作人员则根据这些数据去改变调节器的给定值或直接操作执行机构。其原理框图如图 1-4 所示。

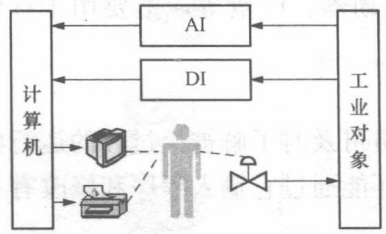


图 1-4 操作指导控制系统框图

在图 1-4 所示的操作指导控制系统中，每个采样周期，计算机通过模拟量输入通道 AI 和开关量输入通道 DI，将过程参数和设备状态送入计算机进行加工处理，然后再进行报警、打印或显示。操作人员根据此结果进行给定值的改变或必要的操作。

该系统最突出的优点是比较灵活、简单，且安全可靠，缺点是仍需要进行人工操作。现在它常被用来试验新的数学模型和调试新的控制程序等，特别是未确定控制规律的系统。

二、直接数字控制系统

直接数字控制（Direct Digital Control，DDC）系统框图如图 1-5 所示。它通过 AI 和 DI 实时采集多个过程参数和设备状态，将采集的参数与给定值进行比较得到偏差信号，按规定的控制规律或策略形成控制信号，并结合开关量的逻辑判断，通过 AO 和 DO 发出控制信号，实现对生产过程的闭环控制。DDC 是计算机控制系统的基本控制单元。

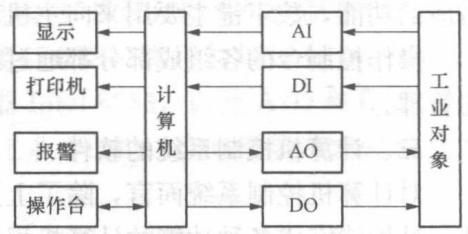


图 1-5 直接数字控制系统框图

由于计算机的速度非常快，所以一台计算机通常可控制几个或几十个回路。DDC 还具有功能强、灵

活性大、可靠性高等特点，并且能够实现各种先进的复杂控制和智能控制。

DDC 系统是计算机用于工业生产过程控制的最典型的一种形式，在热工、化工、机械、冶金等部门已获得广泛应用。

三、计算机监督控制系统

计算机监督控制（Supervisory Computer Control, SCC）系统是操作指导控制系统和 DDC 系统的综合和发展。它有两种结构形式：一种是 SCC+模拟调节器；另一种是 SCC+DDC。现在，主要应用是 SCC+DDC。

SCC+DDC 控制系统的原理框图如图 1-6 所示。

从图 1-6 可知，这是一个两级的计算机控制系统，一级为监控级 SCC，另一级为直接数字控制级 DDC。SCC 计算机的作用是收集现场检测信号，按照一定的数学模型计算出最佳给定值送给 DDC 计算机。DDC 计算机用来把给定值和检测值进行比较，其偏差由 DDC 进行数字控制计算，然后经 AO 通道控制执行机构进行调节，实现对生产过程的控制。

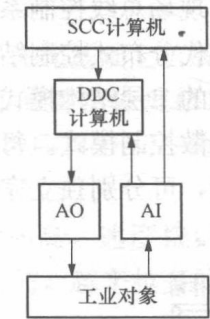


图 1-6 SCC+DDC 系统的原理框图

SCC 系统可以根据生产工况的变化，不断地改变给定值，以达到实现最优控制的目的。它与 DDC 相比有着更大的优越性，更接近于生产的实际情况。另一方面，当系统中的 DDC 计算机出了故障时，可用 SCC 系统替代进行调节，这样就大大提高了系统的可靠性。

但是，由于生产过程的复杂性，SCC+DDC 系统数学模型的建立比较困难，所以此系统实现起来难度较大。

四、分散控制系统

分散控制系统（Distributed Control System, DCS）是以微处理器为基础，借助于计算机网络对生产过程进行分散控制和集中管理的先进计算机控制系统，它的基本结构如图 1-7 所示。

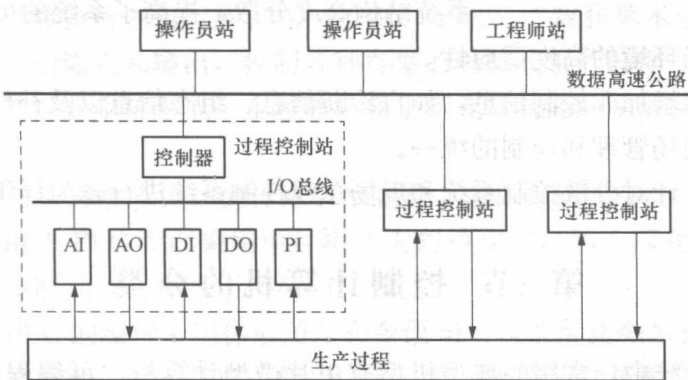


图 1-7 分散控制系统的基本结构

DCS 由过程控制站、数据高速公路（即通信网络）、人机接口（包括操作员站和工程师站）三部分组成。其中过程控制站主要由控制器、I/O 卡件、I/O 总线等组成，完成数据采集、过程控制功能；运行人员通过操作员站完成生产过程的监视和操控，工程师站完成 DCS 的设计、组态、调试、维护和文档的管理；通信网络实现过程控制站、操作员站和工

工程师站之间的数据传输。

自从 1975 年推出第一套 DCS 以来，分散控制系统经过了 40 多年的发展，目前已形成以多层计算机网络为依托，纵向分层、横向分散的大型综合计算机控制系统。

目前，霍尼韦尔 PKS、西门子的 SPPA T3000、ABB 公司的 symphony、艾默生—西屋的 OVATION 等进口 DCS 产品与和利时的 MACS 系列、国电智深的 EDPF NT PLUS、上海新华的 XDC800、GE 新华的 XDPS—400、浙大中控的 Webfileld JX—300XP 等国内 DCS 产品广泛应用于工业控制中。

五、现场总线控制系统

现场总线控制系统 (Fieldbus Control System, FCS) 的结构如图 1-8 所示，它采用了新一代分布式控制结构，即 FCS 系统采用集管理控制功能于一身的工作站与现场总线智能仪表的二层结构模式，把原 DCS 控制站的功能分散到智能型现场仪表中去，形成一个彻底的分散控制模式。每个现场仪表 (例如变送器、执行器) 都作为一个智能节点，都带 CPU 单元，可分别独立完成测量、校正、调节、诊断等功能，靠网络协议把它们连接到一起统筹工作。

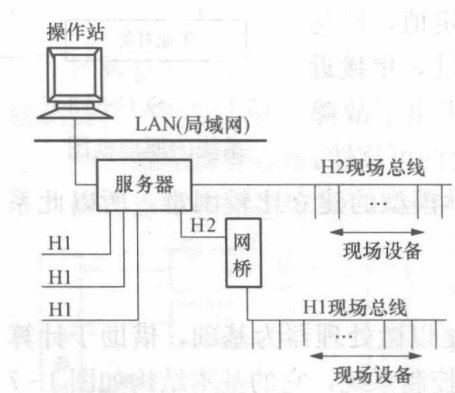


图 1-8 现场总线控制系统结构

与分散控制系统相比，现场总线控制系统的优点主要有：

(1) 通过一对传输线，可挂接多个设备，实现多个数字信号的双向传输。

(2) 数字信号完全取代了 4~20mA 模拟信号，实现了全数字通信。

(3) 现场总线控制系统具有良好的开放性、互可操作性与互用性。

(4) 现场设备具有高度的智能化与功能自治性，将基本过程控制、报警和计算等功能分布在现场完成，使系统结构高度分散，提高了系统的可靠性。

(5) 具有对现场环境的高度适应性。

(6) 使设备易于增加非控制信息，如自诊断信息、组态信息以及补偿信息等。

(7) 易于实现现场管理和控制的统一。

本书将在第九章针对分散控制系统和现场总线控制系统进行较为详细的介绍。

第三节 控制计算机的分类

在计算机控制系统中，常用的典型机型有单片微型计算机、可编程逻辑控制器 PLC 和工业 PC 机 (简称 IPC)，它们适用不同的应用环境。在工程实际中，选择何种机型，应根据控制规模、工艺要求和控制特点来确定。下面分别介绍各机型的特点和应用。

一、单片微型计算机

单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer) 简称单片机，是将 CPU、存储器、I/O 接口、定时器/计数器，甚至 A/D 转换器等部件集成在一个大规模集成电路芯片上，具有很强控制功能的微型计算机。

由于单片机具有体积小、功耗低、抗干扰能力强、性能可靠、指令丰富、功能扩展容易、使用方便灵活、价格低廉、易于产品化等诸多优点,使它在工业控制、智能仪表、家用电器、机器人等方面得到了广泛应用。

单片机品种繁多。按单片机位数分,有 8 位机、16 位机和 32 位机;按功能分,有各种功能的单片机,如有带 A/D 转换器 (8XC51GB)、硬件定时监视器 (8XC51FX)、增强型串行口 (8XC52/54/58、C51FX、C51GB)、脉宽调制输出电路 PWM、模拟多路开关、串行外设电路 I2C 等单片机;按生产厂家分,有各型各样的单片机,如 Intel 公司的 MCS 系列, Motorola 公司的 M68HC 系列、Microchip 公司的 PIC 系列,以及 Philips、Atmel、NEC 公司等,且各厂家的单片机各有特点。

设计者可根据自己的实际需要,在众多的系列单片机中选择一种,并在此基础上扩展一些接口,如用于模拟和数字转换的 A/D、D/A 转换接口,用于人机对话的键盘处理接口、LED 或 LCD 显示接口,用于输出控制的电动机、步进电动机接口等,然后再开发一些应用,即可组成完整的单片机系统。

单片机应用软件的开发可采用 C 语言和汇编语言。汇编语言运行效率高,速度快,特别适合实时检测与控制,但要求开发人员具有较深的软件和硬件知识。目前,越来越多的开发人员采用 C51 语言。

由于单片机是面向控制设计的,专用性强、内存容量小,因此,单片机本身不具备自开发功能,必须借助于仿真器或开发系统与单片机联机,才能进行软、硬件的开发与调试。

二、可编程逻辑控制器

可编程逻辑控制器 (Programmable Logical Controller, PLC),简称可编程控制器,是继电器逻辑控制系统与计算机技术相结合的产物。早期为取代继电器逻辑控制,主要用于开关控制,具有逻辑运算、计时、计数等顺控功能。随着 PLC 的发展,其功能已不再限于逻辑运算,具有连续模拟量处理、高速计数、远程 I/O 和网络通信等功能。

PLC 是一种数字运算操作系统,专为工业环境下应用而设计。它采用了可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式或模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备,都按易于使工业系统形成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。

1. PLC 的特点

PLC 是一种专为工业环境下设计的计算机控制器,它具有如下特点:

(1) 可靠性高。由于 PLC 大都采用单片机和大规模集成电路,因此集成度高,再加上相应的保护电路及自诊断功能,提高了系统的可靠性。

(2) 编程容易。PLC 的编程采用梯形图及命令语句,其数量比微型机的指令要少得多。此外,由于梯形图形象直观,容易掌握,使用方便,甚至不需要计算机专业知识,就可进行编程。

(3) 组态灵活。由于 PLC 采用积木式结构,用户只需要简单地组合,便可灵活地改变控制系统的功能和规模,因此,可适用于任何控制系统。

(4) 输入/输出模块齐全。PLC 针对不同的现场信号 (如直流或交流、开关量、数字量、模拟量、电压、电流等),均有相应的模板可与工业现场的器件 (如按钮、开关、传感器、电动机启动器或控制阀等) 直接连接,并通过总线与 CPU 主板连接。

(5) 安装调试方便。与计算机系统相比, PLC 的安装既不需要专用机房, 也不需要严格的屏蔽措施。使用时只需把检测器件与执行机构和 PLC 的 I/O 接线端子正确连接, 便可正常工作。同时 PLC 又能事先进行模拟调试, 减少了现场的调试工作量, 并且 PLC 的监视功能很强, 模块化结构大大减少了维护量。

(6) 运行速度快。由于 PLC 的控制是由程序执行的, 因此不论其可靠性还是运行速度, 都是继电器逻辑控制无法相比的。

近年来, 微处理器的使用, 特别是随着单片机大量采用, 大大增强了 PLC 的能力, 并且使 PLC 与微型机控制系统之间的差别越来越小, 特别是高档 PLC 更是如此。

2. PLC 分类

PLC 种类繁多: 按容量来分, 有小型、中型、大型之分; 按结构来分, 有整体式、模块式等之分; 按性能来分, 有低档、中档和高档之分。

(1) 低档 PLC。低档 PLC 以开关量为主, 即以逻辑量控制为主, 它的输入/输出适用于开关量、继电器、接触器等场合, 并可直接驱动电磁阀等元件动作。低档 PLC 一般还含有定时/计数器、移位寄存器等功能。

这类 PLC 结构小巧, 价格低廉, 适用于单机顺序控制系统。

(2) 中档 PLC。中档 PLC 的控制点数较低档 PLC 多, 它不仅可以进行开关量控制, 还有模拟量 I/O 接口, 实现对模拟量进行检测和调节。中档 PLC 在软件上也丰富了很多, 其内部有多种运算模块, 如 PID 运算、二进制/BCD 码转换、平方根和查表等功能模块。

这种 PLC 不仅可用于开关量控制系统, 而且可用于中、小型工业过程控制系统中。

(3) 高档 PLC。高档 PLC 的控制点数大多在 1000 点以上, 它与工业控制计算机十分相近, 具有计算、控制和调节功能, 以及网络结构和通信联网能力。

和工业控制计算机一样, 高档 PLC 的显示可采用 CRT、LCD 等, 因此能够显示各种参数曲线、动态流程图、PID 控制条形图及各种图表, 并可进行组态及打印输出等。此外, 高档 PLC 可以和计算机联网, 实现管理和控制一体化, 与办公自动化系统联网, 成为工厂自动化的重要设备。

由于 PLC 的上述优点, 且品种齐全, 在工业控制中已得到了广泛的应用, 几乎可以覆盖所有的工业控制领域, 有着很好的发展前景。

三、工业 PC 机

工业 PC 机 (Industry PC) 简称 IPC, 是目前广泛使用的总线式工控机。

所谓的总线式工控机, 是基于总线技术和模块化结构的一种专用于工业控制的通用性计算机, 一般称为工业控制计算机, 简称为工业控制机或工控机。通常, 计算机的生产厂家是按照某个总线标准, 设计制造出若干符合总线标准、具有各种功能的各式模板, 而控制系统的设计人员则根据不同的生产过程与技术要求, 选用相应的功能模板组合成自己所需的计算机控制系统。总线式工控机具有小型化、模板化、组合化、标准化的设计特点, 能满足不同层次、不同控制对象的需要, 又能在恶劣的工业环境中可靠地运行。因而, 它广泛应用于各种控制场合, 尤其是十几到几十个回路的中等规模的控制系统中。

在 20 世纪 80 年代发展起来的 STD 总线工控机曾在 20 世纪 80 年代末和 20 世纪 90 年代初得到广泛的应用。但是随着生产进步的需要及电子技术的发展, STD 总线工控机已经不能满足工业控制的需要, 而工业 PC 机则得到了极大的发展和应用。

IPC 机就是在个人计算机的基础上进行改造,使其在系统结构及功能模块的划分上更适合工业过程控制的需要。可以这样讲,工业 PC 机一方面集成了个人计算机丰富的软件资源,使其软件开发更加方便;另一方面,在结构上具备 STD 总线工控机的优点,实现了模块化。正因为工业 PC 机的这些优点,目前已取代 STD 总线工控机,广泛应用于工业过程控制中。

工业 PC 机与个人计算机相比,差别在于:①取消了 PC 机中的主板,将 PC 机的大主板变成了通用的底板总线插座系统;②将主板分成几块 PC 插件,如 CPU 板、存储器板等;③电源采用工业级抗干扰电源;④采用全钢标准的工业加固型机架机箱,机箱密封并加正压送风散热;⑤配以相应的工业应用软件,如 intouch、WINCC、iFIX 和组态王等。

工业 PC 机的基本架构如图 1-9 所示。

工业 PC 主要包含:IPC 工控机和 CompactPCI 工控机以及它们的变形机。由于基础自动化和过程自动化对工业 PC 的运行稳定性、热插拔和冗余配置要求很高,现有的 IPC 已经不能完全满足要求,将逐渐退出该领域,取而代之的将是 CompactPCI-based 工控机,而 IPC 将占据管理自动化层。

从上述分析可以看出,计算机控制系统随着应用规模的不同可以选用不同的控制机模式,大体来讲可参考下面的原则选用。

(1) 对于小型控制系统、智能化仪器仪表及智能化接口尽量采用嵌入式系统。

(2) 对于中等规模的控制系统,为了加快系统的开发速度,尽量选用现成的工业控制计算机,如 PLC、IPC 等,应用软件可利用组态软件进行开发。

(3) 对于大型的工业控制系统,最好选用工业 PC 机或分散控制系统,软件可自行选用高级语言开发或利用组态软件进行开发。

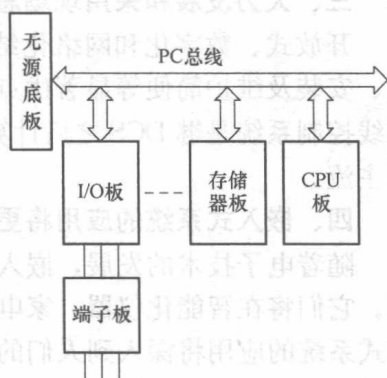


图 1-9 工业 PC 机的基本架构

第四节 计算机控制系统的发展趋势

计算机控制系统的发展与其核心部分——微型计算机的发展紧密相连。微型计算机和微处理器自从 20 世纪 70 年代崛起以来,发展极为迅猛:芯片的集成度越来越高;半导体存储器的容量越来越大;控制和计算机性能几乎每两年就提高一个数量级;大量新型接口和专用芯片不断涌现;软件的日益完善和丰富,极大扩展了微型计算机的功能。这些都为促进微型计算机控制系统的发展创造了条件。

目前计算机控制系统的发展趋势表现在以下几个方面。

一、可编程逻辑控制器 (PLC) 得到了广泛应用

长期以来,PLC 始终处于工业自动化领域的主战场,为各种各样的自动化控制设备提供非常可靠的控制方案,与 DCS 和工业 PC 形成了三足鼎立之势。同时,PLC 也承受着来自其他技术产品的冲击,尤其是工业 PC 所带来的冲击。

随着 PLC 的微型化、网络化、PC 化和开放性的实现,在工业控制中已得到了广泛的

应用。

二、面向测控管一体化设计的 DCS

DCS 是 20 世纪 70 年代推出的计算机控制系统, 基本理念是分散控制、集中管理, 目前广泛应用在工业过程控制领域。

小型化、多样化、PC 化和开放性是未来 DCS 发展的主要方向。目前小型 DCS 所占有的市场, 已逐步与 PLC、工业 PC、FCS 共享。今后小型 DCS 可能首先与这三种系统融合, 而且“软 DCS”技术将首先在小型 DCS 中得到发展。PC-based 控制将更加广泛地应用于中小规模的过程控制, 各 DCS 厂商也将纷纷推出基于工业 PC 的小型 DCS。开放性的 DCS 将同时向上和向下双向延伸, 使来自生产过程的现场数据在整个企业内部自由流动, 实现信息技术与控制技术的无缝连接, 向测控管一体化方向发展。

三、大力发展和采用现场总线控制系统

开放式、数字化和网络化结构的现场总线控制系统, 由于具有成本降低、组合扩展容易、安装及维护简便等显著优点, 从问世开始就在生产过程自动化领域引起极大关注。现场总线控制系统是继 DCS 之后计算机控制系统的又一次重大变革, 必将成为工业自动化的发展主流。

四、嵌入式系统的应用将更加深入

随着电子技术的发展, 嵌入式微控制器(即单片机)的功能将更加完善, 应用也更加普及。它们将在智能化仪器、家电产品和工业过程控制等方面得到更加广泛的应用。总之, 嵌入式系统的应用将深入到人们的工作与生活的各个领域。由单片机组成的嵌入式系统将是智能化仪器和中、小型控制系统中应用最多的一种模式。

五、控制系统的智能化

在计算机控制系统中, 可以采用各种先进的控制规律、控制策略和控制算法, 以取得更好的控制性能。新的控制理论的应用使得计算机控制系统的应用更为广泛。另一方面, 由于计算机技术的成熟、普及和进步, 也推动了控制理论的不断深入研究和发

展。经典的反馈控制、现代控制和大系统理论在应用中遇到了不少难题。首先, 这些控制系统的设计和分析都是建立在精确的系统数学模型的基础上的。而实际系统一般无法获得精确的数学模型; 其次, 为了提高控制性能, 整个控制系统变得极其复杂, 增加了设备的投资, 降低了系统的可靠性。人工智能的出现和发展, 促进自动控制系统向更高层次发展, 即智能控制。目前, 智能控制系统主要有:

(1) 分级递阶智能控制系统。

(2) 模糊控制系统。

(3) 专家控制系统。

(4) 学习控制系统。

(5) 神经网络控制系统。

总之, 随着多媒体计算机和人工智能计算机的发展, 应用控制理论和智能控制技术来实现先进的计算机控制系统, 必将大大推动科学技术的进步和提高工业自动化系统的水平。

思考题



1. 什么是计算机控制系统? 设计和应用计算机控制系统时需要采用哪些计算机控制

技术?

2. 计算机控制系统的硬件由哪几个主要部分组成? 各部分的作用是什么?
3. 计算机控制系统的软件包括哪几部分? 请说出各部分的作用。
4. 常用工业控制计算机有几种? 它们各有什么用途?
5. 简述操作指导、DDC、SCC 系统的工作原理。
6. IPC 与普通 PC 有什么区别?
7. 计算机控制系统的发展趋势主要表现在哪几个方面?

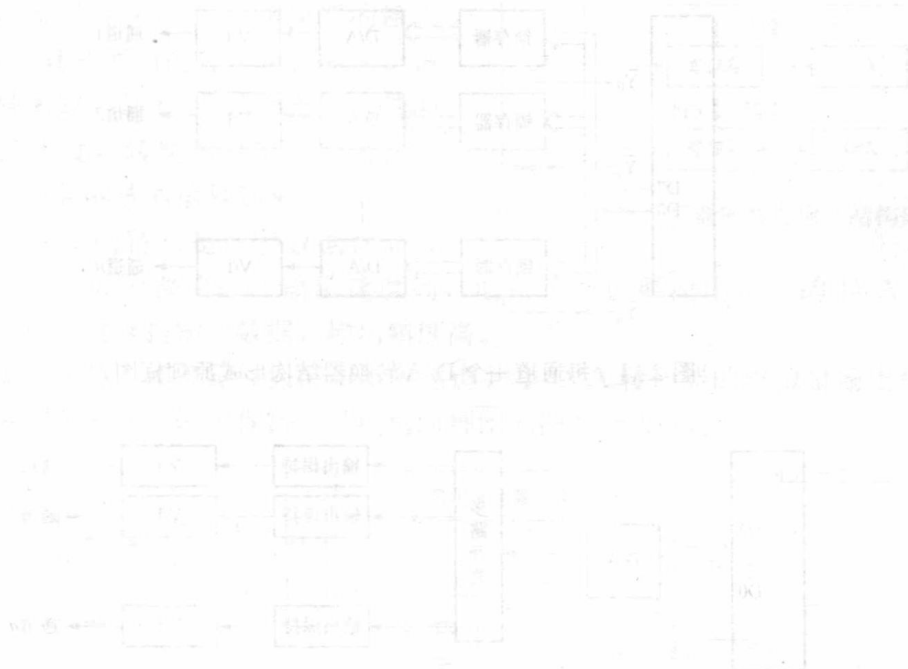


图 1-5 计算机控制系统的组成框图