



普通高等教育“十二五”规划教材

计算机控制技术

主 编 刘雨棣 雷新颖
副主编 耶晓东 尚重阳 苏 力



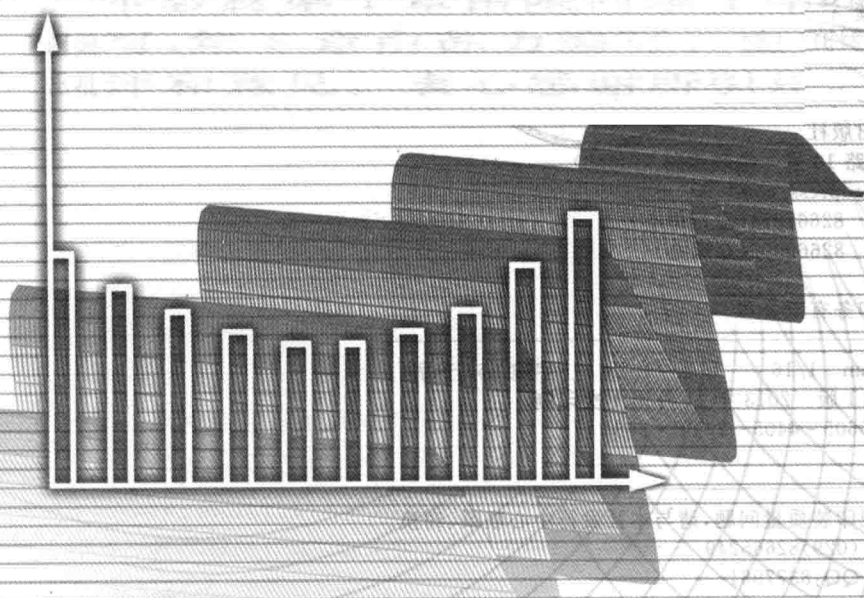
西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



普通高等教育“十二五”规划教

计算机控制技术

主 编 刘雨棣 雷新颖
副主编 耶晓东 尚重阳 苏 力



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书从应用角度出发,以 C 语言和 ISA 总线为工具,主要介绍了计算机控制技术中一些简单实用的算法和软硬件的应用技术。内容包括:计算机控制技术基本概念和计算机控制系统的组成;数据的输入输出和数据预处理;Z 变换基础、脉冲传递函数;数字控制器的离散化设计方法;数字控制器的模拟化设计方法;数字控制技术;硬件抗干扰技术;计算机控制系统,工业个人计算机和过程通道卡;组态软件和计算机控制系统的应用等。

本书可以作为应用型本科电气工程及其自动化、测控技术与仪器和自动化等相近专业的教材,也可作为有关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术/刘雨棣,雷新颖主编;尚重阳,苏力编.
—西安:西安交通大学出版社,2012.7
ISBN 978-7-5605-4405-2

I. ①计… II. ①雷…②尚…③苏…④苏… III. ①计算机
控制系统 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 120578 号



书 名	计算机控制技术
主 编	刘雨棣 雷新颖
策划编辑	曹 昉
责任编辑	李慧娜

出版发行	西安交通大学出版社 (西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址	http://www.xjtupress.com
电 话	(029)82668357 82667874(发行中心) (029)82668315 82669096(总编办)
传 真	(029)82668280
印 刷	陕西时代支点印务有限公司

开 本	787mm×1092mm 1/16	印张	11.25	字数	267 千字
版次/印次	2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷				
书 号	ISBN 978-7-5605-4405-2/TP·568				
定 价	21.00 元				

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82668254 QQ:8377981

读者信箱:lg_book@163.com

版权所有 侵权必究

前 言

计算机控制技术是发展迅速且非常实用的控制技术,是电气自动化类专业和机电类专业的重要课程。计算机控制技术是一门综合技术,涉及到控制理论、控制算法、计算机接口、计算机软件、电子技术等技术。作为应用型本科教材,本教材略去难度大不实用的内容,增加了一些实用技术,体现出了应用特色。

本书重点介绍了一些简单实用的算法和硬件的应用技术。许多控制算法涉及的控制理论难度较大,不少应用型教材把大部分控制算法略去不讲,增加许多其他课程的内容。但控制算法是计算机控制技术的主要内容,如果对此部分精简太多,增加太多与课程名称不相符的内容,就会冲淡主要内容,使课程内容与名称不相符,使学生失去学习的兴趣,对学生将来从事计算机控制工作非常不利。本教材重点讲述了工业中大量使用的各种 PID 算法、对常用的串级控制、前馈控制及达林算法等内容也作了介绍。

全书共分 8 章,第 1 章为概述,第 2 章为数据输入输出和预处理,本教材对接口电路和编程只作简单介绍,只要学生理解到数据输入输出的基本过程,不要求学生掌握其设计。本教材所介绍接口电路是基于 ISA 总线的接口,采用 C 语言对其编程。第 3 章为数字控制器的离散化设计,对于控制理论也作了适当的介绍,讲述时精简了数学推导过程,并注意对物理概念阐述清楚。第 4 章为数字控制器的模拟化设计,讲述各种常用模拟化设计方法。第 5 章为数字控制技术。第 6 章介绍了硬件抗干扰技术。第 7 章为计算机控制系统,讲述输入输出板卡的整体结构,性能指标和使用的方法,还简单介绍了智能调节器、可编程控制器、集散控制系统和现场总线控制系统。第 9 章位组态软件,讲述了组态软件的基本知识和其使用的基本方法。

本教材第 1 章由陕西理工学院耶晓东编写,第 2,3,7 章由雷新颖编写,第 4,5,6 章由尚重阳编写,第 8 章由苏力编写。由于编者的水平有限,书中一定存在错误和不妥之处,请读者提出批评和意见。衷心感谢所引用参考文献的各位作者。

编 者

2013.9

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 计算机控制技术的基本概念	(1)
1.1.1 基本的计算机控制系统	(1)
1.1.2 计算机控制系统的分类	(2)
1.1.3 计算机控制系统的优点	(4)
1.1.4 数字控制器的设计方法	(5)
1.2 计算机控制系统	(5)
1.2.1 硬件系统	(6)
1.2.2 软件系统	(9)
1.2.3 控制计算机的主要特点	(10)
习题	(11)
第 2 章 数据输入输出和预处理	(12)
2.1 数据的输入输出	(12)
2.1.1 输入输出数据的方式	(12)
2.1.2 开关量输入输出接口	(13)
2.1.3 模拟量输入接口	(15)
2.1.4 模拟量输出接口	(18)
2.2 数据预处理	(20)
2.2.1 数字滤波	(20)
2.2.2 系统误差自校准	(23)
2.2.3 工程量标度转换	(24)
习题	(26)
第 3 章 数字控制器的离散化设计	(28)
3.1 Z 变换	(28)
3.1.1 采样过程	(28)
3.1.2 Z 变换	(29)
3.2 脉冲传递函数	(33)
3.2.1 系统脉冲传递函数	(33)
3.2.2 数字控制系统的性能	(36)
3.3 频率域设计法	(39)
3.3.1 w' 变换	(39)
3.3.2 频率域设计法步骤	(40)

3.4 达林算法	(42)
3.4.1 数字控制器的解析设计方法	(42)
3.4.2 达林算法	(42)
习题	(44)
第4章 数字控制器的模拟化设计	(46)
4.1 数字控制器模拟化设计概述	(46)
4.2 模拟控制器的离散化方法	(47)
4.3 数字PID算法	(49)
4.3.1 连续控制系统的PID控制规律	(50)
4.3.2 数字PID控制算法的实现	(53)
4.4 数字PID控制参数的整定	(56)
4.4.1 采样周期的选择	(56)
4.4.2 整定的方法	(56)
4.5 数字PID控制算法的改进	(59)
4.5.1 积分部分的改进	(59)
4.5.2 微分部分的改进	(62)
4.5.3 其他改进方法	(65)
4.6 串级控制	(66)
4.7 前馈控制	(68)
4.7.1 前馈控制的基本原理	(68)
4.7.2 前馈-反馈控制	(69)
4.7.3 前馈-串级控制	(70)
习题	(72)
第5章 数字控制技术	(73)
5.1 数字控制技术基础	(73)
5.1.1 数字控制原理	(73)
5.1.2 逐点比较插补法	(76)
5.2 步进电机及其驱动控制	(82)
5.2.1 步进电机的原理	(83)
5.2.2 步进电机的控制	(86)
5.3 无刷直流电机及其控制	(91)
5.3.1 无刷直流电动机的工作原理	(92)
5.3.2 无刷直流电动机的数学模型	(94)
5.3.3 无刷直流电机调速系统	(95)
习题	(97)

第 6 章 计算机控制系统中的抗干扰技术 (99)

6.1 干扰的传播途径与作用方式 (99)

6.1.1 干扰的来源 (99)

6.1.2 干扰的传播途径 (99)

6.1.3 干扰的作用形式 (100)

6.2 硬件抗干扰技术 (101)

6.2.1 共模干扰的抑制 (101)

6.2.2 串模干扰的抑制 (102)

6.2.3 长线传输干扰的抑制 (104)

6.2.4 电源系统的抗干扰技术 (105)

6.2.5 屏蔽与接地技术 (107)

6.2.6 印制电路板抗干扰设计 (108)

习题 (109)

第 7 章 计算机控制系统 (110)

7.1 工业个人计算机 (110)

7.1.1 工业个人计算机的组成 (110)

7.1.2 工业个人计算机的总线 (112)

7.2 过程通道卡 (120)

7.2.1 开关量输入输出通道 (120)

7.2.2 模拟量输入通道 (121)

7.2.3 模拟量输出通道 (123)

7.2.4 脉冲量输入/输出板卡 (124)

7.2.5 板卡使用 (124)

7.3 智能调节器 (125)

7.3.1 智能调节器的组成 (125)

7.3.2 智能调节器的使用 (126)

7.4 可编程控制器 (129)

7.4.1 可编程控制器的优点 (129)

7.4.2 可编程控制器的主要用途 (130)

7.4.3 可编程控制器的硬件 (130)

7.4.4 可编程控制器的编程语言 (132)

7.4.5 可编程控制器的工作过程 (133)

7.4.6 可编程控制器的性能指标 (134)

7.5 集散控制系统和现场总线控制系统介绍 (135)

7.5.1 集散控制系统介绍 (135)

7.5.2 现场总线控制系统介绍 (138)

7.6 计算机控制系统应用 (140)

7.6.1 对计算机控制系统的要求 (140)

7.6.2 计算机控制系统设计的步骤 (141)

习题..... (142)

第 8 章 组态软件..... (145)

8.1 概述 (145)

8.1.1 组态软件的概念 (145)

8.1.2 组态软件的系统构成 (146)

8.1.3 组态软件的功能 (148)

8.2 KingView 组态软件 (148)

8.2.1 KingView V6.51 概述 (148)

8.2.2 基本功能的实现 (157)

习题..... (170)

参考文献..... (171)

第 1 章 概 述

1.1 计算机控制技术的基本概念

计算机控制技术研究如何以控制理论为基础,采用工业控制计算机,实现性能满足使用需求的计算机控制系统。控制理论是分析计算机控制系统性能和设计计算机控制系统的理论基础。而工业控制计算机的参与增强了控制系统的自动化程度,促进了控制系统信息化水平,提高了控制系统的可靠性。计算机在计算机控制系统中的应用已经成为计算机技术应用的重要领域之一。

在计算机控制系统的发展过程中,已经形成了一些成熟的计算机控制装置,如工业控制计算机(IPC)、智能调节器(IR)和可编程控制器(PLC)等。在计算机控制系统的发展中,随着通信技术、显示技术和网络技术等先进技术应用,使得计算机控制系统的信息化程度越来越高。计算机控制系统的应用领域非常广泛,在机械、电力、电子、化工、冶金、建材、航空、航天、制药、食品和纺织等工业部门中,计算机控制系统现在发挥着巨大的作用。

1.1.1 基本的计算机控制系统

计算机控制系是由模拟控制系统演变发展来的。图 1-1 是典型的模拟控制系统的框图。此系统包括被控对象、执行机构、测量变送、比较器和控制器等,其控制原理是闭环负反馈原理。系统的核心是控制器,一般由模拟电路组成。测量变送环节包括传感器和变送器,传感器的功能是将被测的非电量转变为电量,如热电偶把温度转变为电压。变送器的作用是把电量转变为标准的电信号,如 $DC4\sim 20\text{ mA}$ 。



图 1-1 模拟控制系统的框图

在模拟控制系统的框图中,将控制器和比较器由计算机取代,就构成了基本的计算机控制系统,如图 1-2 所示。由于计算机接收和输出的信号是数字信号,系统中增加了 A/D 转换器和 D/A 转换器。

在计算机控制系统中,需要将测量变送得到的模拟量转换为数字量。此过程包括两步:首

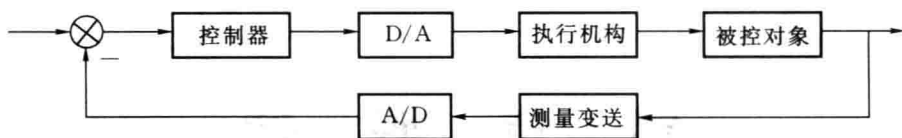


图 1-2 基本的计算机控制系统框图

先对模拟信号进行采样,然后对采样信号进行量化得到数字量。A/D 转换器是量化器件,它的输入是模拟信号,输出是数字信号。计算机将 A/D 转换器输出的数字信号读入,对数据进行处理、按照控制规律计算出控制量,输出的数字信号,又经过 D/A 转换器转换为模拟信号。所以计算机控制系统是数字控制系统。

在控制过程中,计算机要完成以下三步基本工作。首先是实时数据采集,在计算机的控制下对测量变送器输出的模拟信号进行采样、转换和读取。然后是实时控制决策,对采集的数据进行处理、按照控制规律进行计算,实现控制决策。最后是实时控制输出,将按照控制规律计算的结果进行适当的转换,控制 D/A 转换器将其输出。由于控制系统是动态系统,计算机要按照一定的周期重复上述三步,整个控制程序被循环执行。这个周期称为测控周期。计算机控制系统是实时控制系统,以上三步必须实时完成。也就是计算机的速度要足够快,否则就失去了控制的时机。

对计算机控制系统的基本要求与模拟控制系统类似。首先系统必须是稳定的,不稳定的系统无法正常工作。然后是系统的准确性和快速性要满足要求。

1.1.2 计算机控制系统的分类

1946 年数字计算机在美国诞生,起初计算机用于科学计算和数据处理。1959 年 3 月,美国德克萨斯州一家炼油厂与美国地 TRW 航空公司合作进行计算机控制研究,经过 3 年努力,设计出了 RW-300 计算机控制的聚合装置控制系统,为计算机加入工业控制领域开了先河。在此后的计算机控制系统的发展过程中,先后出现了直接数字控制系统、监控计算机控制系统、集散控制系统和现场总线控制系统等。

常用的计算机控制系统,大体有以下几种形式。

1. 操作指导控制系统

操作指导控制(operation guide control, OGC)系统是开环控制系统,计算机不负责操作执行器,由操作人员对执行器进行操作,如图 1-3 所示。计算机只对被控参数进行采集和处理后,完成报警、显示和打印等工作,为操作人员提供系统的状态信息,帮助操作人员进行分析

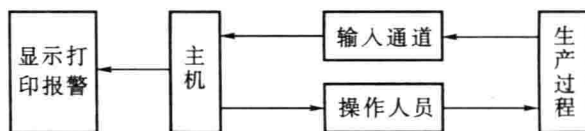


图 1-3 操作指导控制系统

决策。操作指导控制系统主要用于计算机控制系统研制的初始阶段。

2. 直接数字控制系统

直接数字控制(direct digital control, DDC)系统是闭环控制系统,如图 1-4 所示。DDC 是计算机控制的基本形式,它在现实中使用普遍,也是构成大型计算机控制系统的基础。外界信号经过输入通道进入计算机,经过控制算法的计算,得到输出数据,经过输出通道控制工业对象。

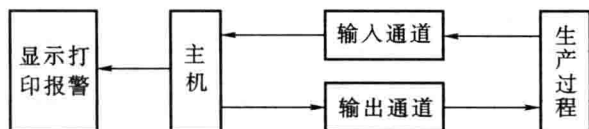
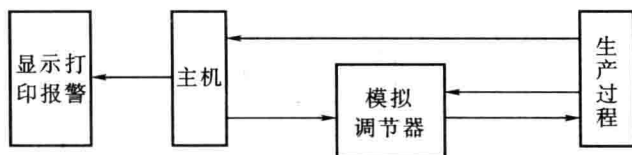


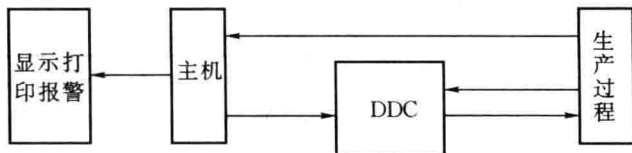
图 1-4 直接数字控制系统

3. 监督计算机控制系统

监督计算机控制(supervisory computer control, SCC)系统是两级控制系统,如图 1-5 所示。下位的控制系统可以是模拟调节器,也可以是 DDC 控制系统,直接对工业对象进行控制;上位机是监控计算机,通过对过程参数的采集、分析和优化,对下位的控制系统进行设置,还提供参数和曲线的显示、打印和超限报警等功能。



(a) SCC+模拟调节器



(b) SCC+DDC

图 1-5 监督计算机控制系统

4. 集散控制系统

集散控制系统(distributed control system, DCS)是网络化的控制系统,是三级控制系统,自下往上是过程控制级、操作监控级和信息管理级,如图 1-6 所示。集散控制系统的设计思想是分散控制和集中管理,分散控制可以提高系统的可靠性,集中管理方便了用户使用。集散控制系统是计算机技术、控制技术、网络技术和显示技术结合的产物。通过网络技术将处于分散位置的各控制单元和操作监控站联系起来,又通过网关与生产管理相连接。

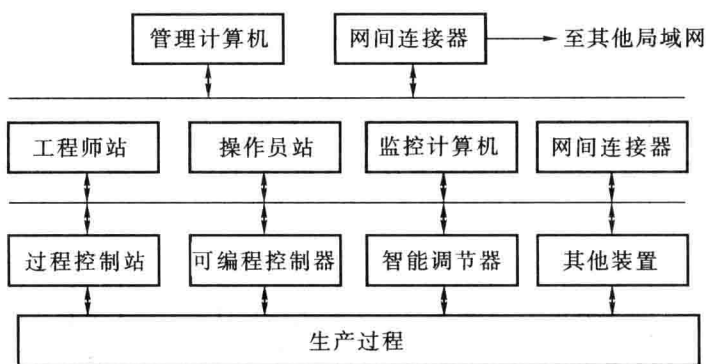


图 1-6 集散控制系统

5. 现场总线控制系统

现场总线控制系统 (fieldbus control system, FCS) 是以现场总线为基础的网络控制系统。现场总线控制系统采用“工作站-现场总线智能仪表”的二层结构模式, 如图 1-7 所示。现场总线系统中的控制作用被分散于现场总线智能仪表中, 现场总线是生产现场智能仪表或智能设备之间的通信网络。现场总线控制系统是全数字化的控制系统, 具有开放性、互操作性, 可靠性更高, 成本更低, 设计、安装和使用简便的特点。FCS 已经成为计算机控制系统发展的新潮流。

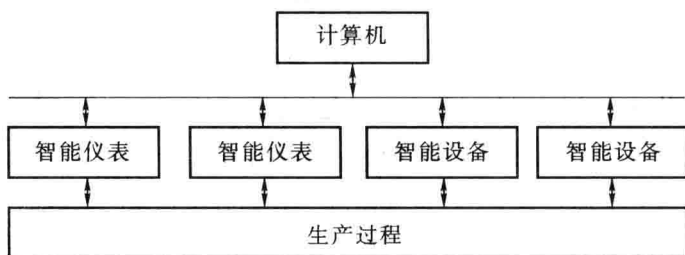


图 1-7 现场总线控制系统

1.1.3 计算机控制系统的优点

与模拟控制系统相比, 计算机控制系统主要具有以下优点。

(1) 具有很大的灵活性

在模拟控制系统中, 控制器是由模拟电路实现的, 不同的控制规律对应的控制电路是不同的, 一旦控制规律选定, 控制电路就固定, 要想改变控制规律, 就要改变控制电路硬件, 这是非常困难的; 在计算机控制系统中, 控制规律是由控制算法程序实现的, 要想改变控制规律, 只要修改控制算法程序即可, 不用改变硬件, 这是比较容易的。

(2) 能够实现复杂的控制规律

由于计算机具有强大的运算能力和逻辑判断能力, 能够实现模拟电路不能实现的复杂的

控制规律。

(3)可以同时控制多个回路

在模拟控制系统中,一个控制器只能控制一个回路。在计算机控制系统中,计算机的运算能力强大,采用分时方式,一台计算机可以控制多个回路。

(4)提高系统的信息化水平

由于工业控制计算机可以带有友好的人机界面,对控制系统可以用动画进行显示,提高了操作过程的形象性和生动性。可以通过通信接口实现联网。

1.1.4 数字控制器的设计方法

控制理论是计算机控制系统的理论基础。采样控制理论主要应用在计算机控制方面。采样定理、差分方程和Z变换是采样理论的基础。采样定理回答了采样有没有丢失被采样信号所包含的信息,及什么情况下采样信号可以代替被采样信号。差分方程相当连续系统中的微分方程,Z变换是拉氏变换在采样系统中的发展。

控制算法是控制理论在计算机控制系统中的具体体现。控制算法是通过一定的设计方法设计出来的。数字控制器的模拟化设计是假设采样周期足够小,直接将整个系统看作是模拟系统,按照模拟系统设计方法设计出模拟控制器,然后通过近似方法将模拟控制器离散化为数字控制器。此方法是近似方法,常用的数字PID算法的设计属于此法。

数字控制器的直接设计是从被控对象的特性出发,直接根据采样理论来设计数字控制器。这种方法可以设计出较高质量的控制系统。

在现代复杂的工业生产过程中,许多难题传统的反馈控制理论解决不了。先进技术不断采用,计算机的性能不断得到大幅度的提高,促进了现代控制理论和智能控制理论的发展。现代控制理论的发展方向主要有最优控制、自适应控制、鲁棒控制和预测控制。智能控制已经成为解决复杂系统控制的主要途径。当前智能控制主要的发展方向有自学习控制,模糊控制、专家控制和神经网络控制。

1.2 计算机控制系统

计算机控制系统由工业控制计算机系统和生产过程系统两大部分组成。

生产过程系统包括被控对象、测量变送、执行器和电气开关等环节。

常用的变送器有温度变送器、压力变送器、流量变送器、液位变送器、差压变送器和各种电量变送器。变送器的作用是把电量转变为标准的电信号。DDZ-II型变送器的输出是DC 0~10 mV,采用220 V供电;DDZ-III型输出是DC 4~20 mA,采用DC 24 V供电。

常用执行器有气动、电动和液压三种类型。气动执行器结构简单、价格低、防火防爆维修方便,但配置复杂;电动执行器体积小、种类多、配置简单,但价格高;液压执行器推力大、维修简单,但价格高,配置复杂。计算机控制系统中常用气动执行器和电动执行器。气动执行器的输入信号是0.02~0.1 MPa气压信号。电动执行器输入信号为DC 0~10 mA或DC 4~20 mA。

工业控制计算机系统由硬件系统和软件系统组成。

1.2.1 硬件系统

工业控制计算机硬件系统包括计算机主机、IO 接口、过程通道、常用外设和电源等,如图 1-8 所示。

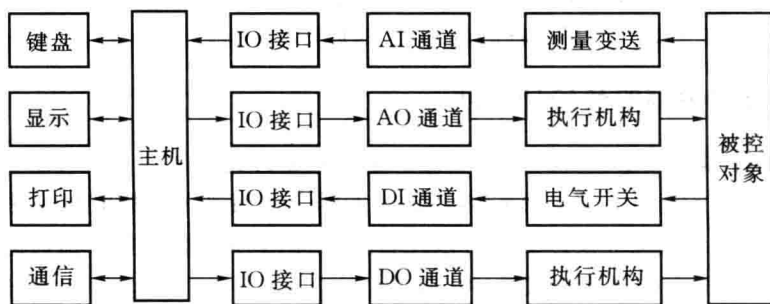


图 1-8 基本的计算机控制系统组成

1. 计算机主机

计算机主机主要由 CPU 和存储器组成。当前应用在工业控制领域的计算机主要有两类:总线式工控机和嵌入式计算机。

总线式工控机主要有 STD 工控机、MC6800 工控机、VME 工控机和 IPC 工控机。STD 工控机和 MC6800 工控机已经退出了工控领域,VME 工控机也淡出了工控领域。IPC 工控机指工业个人计算机(industrial personal computer,IPC)。由于它与普通计算机在硬件和软件上的兼容,具有大量的用户和生产商,使得 IPC 成为工控机的主流。

由于工业现场环境比较恶劣,与 PC 相比,IPC 在结构上做了一些改进,使之更适应工业环境。IPC 有台式 IPC、盒式 IPC、盘式 IPC 和嵌入式 IPC 等多种类型 IPC。

台式 IPC 外形与台式 PC 相似,但内部结构不同。IPC 主要具有以下特点。

(1) 可靠性高,适合工业应用

采用了加固型工业机箱、工业电源、双冷风扇,用来减震、抗电磁干扰、防尘和通风散热。采用大母板结构加强总线的驱动能力。所有元器件要求通过老化试验。

(2) 输入输出板卡配套好

具有丰富的过程通道卡,过程通道卡是过程通道电路的板卡,其主要类型有模拟量输入板卡、模拟量输出板卡、开关量输入板卡、开关量输出板卡等。

(3) 控制软件功能丰富

具有人们熟悉的操作系统、多种编程语言环境和组态软件的支持。

(4) 系统扩充性好

总线式结构,使得人们可以方便地对系统硬件进行扩充。可以方便地增添各种算法软件,提高系统的性能和增加功能。

嵌入式计算机包括普通单片机、专用的单片机、数字信号处理器(DSP)和 ARM 处理器。单片机是最常用的嵌入式计算机,是将 CPU、存储器、输入/输出接口、定时器/计数器等功能

部件集成在一块芯片的微型计算机。单片机又称微控制器,是一种专门面向控制的微处理器。单片机与普通计算机相比,普通计算机的 CPU 主要是面向数据处理,其发展主要关注数据处理能力,计算速度和计算精度。而单片机是主要面向控制,数据处理相对简单,所以在数据处理能力,计算速度和计算精度方面要弱一些。大多数单片机的字长短,不支持浮点数运算,振荡频率低,存储结构简单。现在应用最广的是 8 位单片机,一些简单应用也采用 4 位单片机。为了适合控制领域的需要,单片机有更强的逻辑控制能力,特别是具有很强的位处理能力。常用的单片机类型有 Intel 公司的 MCS-51 系列及其兼容产品,美国 Microchip 公司的 PIC 系列单片机,美国德州仪器公司的 MSP430 系列单片机。

MCS-51 系列单片机是 1980 年 Intel 推出的产品,是目前最常见的单片机类型。生产 MCS-51 系列单片机的公司众多,如 Intel、Philips、Atmel、AMD 和 NEC 等。常用的 Atmel 产品有 89C51、89C52、89C2051、89S51、89S52 等。在工业控制中,需要的程序存储空间比数据存储空间大,MCS-51 系列单片机采用哈佛结构,把程序存储器与数据存储器分成两个独立的地址空间,采用不同的寻址方式,使用两个不同的地址指针,PC 指向程序存储器,DPTR 指向数据存储器。MCS-51 系列单片机在 RAM 区开辟了工作寄存器区,该区分 4 组,每组 8 个寄存器,共 32 个工作寄存器,相当通用计算机 CPU 的通用寄存器。MCS-51 系列单片机有 21 个特殊功能寄存器 SFR,用于控制、管理片内算术逻辑部件、并行 I/O 口、串行 I/O 口、中断系统、定时器/计数器等功能。MCS-51 系列单片机有 4 个 8 位的并行输入/输出接口 P0、P1、P2 和 P3 口。这 4 个口既可以并行输入或输出,又可以按位使用。MCS-51 系列单片机内有定时器/计数器,可以作为实时时钟,用于定时检测和定时控制,产生毫秒宽的脉冲。MCS-51 系列单片机内部有一个功能很强的全双工串行口,可同时接收和发送数据。

美国 Microchip 公司专注于单片机研发,其 PIC 系列单片机性能优良,在单片机的市场份额中,已名列前茅。PIC 系列单片机有如下特点:

①采用完全哈佛结构。指令和数据空间及传输途径完全分开,提高了数据吞吐率。指令总线 and 数据总线采用不同的宽度。数据总线为 8 位,指令总线根据单片机档次不同为 12、14 和 16 位,指令均以单字节形式表示。

②采用流水线结构。取指令和执行指令采用流水线形式,执行一条指令时,同时允许取下一条指令,从而提高了指令执行速度。

③采用寄存器组结构。RAM 及寄存器,包括 I/O 口、定时器和程序计数器等都以寄存器方式工作和寻址,只需要一个指令周期就可以完成访问和操作。通常另辟堆栈 RAM 空间,不占用片内数据存储单元。

④使用精简指令系统。使用精简指令集计算机(RISC)结构,与传统的复杂指令集计算机(CISC)结构的单片机相比,其指令数量少,易学易记。此外,精简指令系统还具有提高程序执行速度和代码压缩能力。

⑤多种型号可供选择。不单纯追求功能堆积,从实际出发,以多种型号满足不同层次、不同用途的需求。在规模上既有 84 脚封装,66 根 I/O 口线的型号,也有 8 脚封装,6 根 I/O 口线的型号。功能较全的高档单片机产品配置了模/数转换、捕捉/比较和脉宽调制单元。

数字信号处理器(DSP)是专门用于信号处理的处理器。与普通单片机相比,DSP 是运算密集型处理器,而普通单片机是事务密集型处理器。DSP 采用哈佛结构,指令空间和数据空间分开,允许同时存取程序和数据。具有多级流水线,提高了数据吞吐率,速度比 16 位的单片

机单指令执行时间快 8 至 10 倍。DSP 内置乘法器,完成一次乘法运算快 16 至 30 倍。DSP 提供了高度专业化的指令集,提高了快速傅里叶变换(FFT)运算速度。DSP 具有很大容量的存储器和先进先出(FIFO)缓冲器。片内集成了 A/D、采样/保持电路和 PWM 单元。目前广泛应用的 DSP 是美国德州仪器公司的 TMS320 系列产品,TMS320 系列有 TMS320C2000 系列、TMS320C5000 系列和 TMS320C6000 系列。面向运动控制的是 TMS320C2000 系列,主要包括 TMS320C24x/F24x、TMS320LC24x/LF24x、TMS320C24xA/LF24xA 和 TMS320C28xx。

ARM 作为先进的嵌入式处理器,具有高性能、高可靠性、低成本和低功耗的优良性能,在消费电子领域已得到了广泛应用。在工业控制领域,基于 ARM 处理器的芯片已经占据了高端微处理器市场,同时也逐步向极端控制器领域扩展。先进的 ARM 嵌入式计算机将在控制系统中的应用得到极大重视。

2. 接口

接口电路是过程通道与 CPU 之间起缓冲匹配作用的输入输出电路,其他电路传输的信号都要通过接口电路输入输出计算机。

3. 过程通道

在计算机控制系统中,过程通道是计算机和工业过程之间传输信号的通道,现场的信号是经过过程通道进入计算机,计算机输出的数据经过过程通道输出。对于嵌入式系统,过程通道与 CPU 常位于同一电路板上;对于 IPC,输入输出通道是以板卡的形式插在总线槽中。

模拟量信号是指幅值对时间连续变化的信号。模拟量信号有两种类型:一种是标准信号,例如 4~20 mA 的电流信号和 1~5 V 的电压信号。1~5 V 电压信号的下限为 1 V,上限为 5 V,变化范围有 4 V。4~20 mA 的电流信号下限为 4 mA,上限为 20 mA,变化范围有 16 mA。它们可用于变送器与模拟量输入通道之间或模拟量输出通道与执行器之间传输信号。另一种是非标准信号,一般是由各传感器输出的低电平信号,通常需要信号的放大和处理。

开关量信号指只有 0 和 1 两种状态的信号。开关量信号主要来自于各种按钮、行程开关、继电器、接触器、晶体管和晶闸管等装置。开关量的输出有触点和电平两种,触点有常开和常闭之分。触点的状态需要转换为电平的高低才能输入到计算机。输入的开关量可以反映系统运行的状态、阶段及顺序。可以通过控制开关量的输出,使系统的开关量之间满足一定的逻辑关系、顺序关系,显示系统的状态。

按照传递信号的种类,过程通道可分为模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入通道、开关输出通道等。

4. 常用外设

常用外设有显示器、键盘、鼠标和网络通信接口。常用显示器有 LED 显示器、LCD 显示器及 CRT 显示器。LED 显示器使用简单、价格便宜、显示清晰,常用于工业现场仪表中显示数字。CRT 显示器和 LCD 显示器能显示字符、图形和图像的显示器,与 CRT 显示器相比,LCD 显示器体积小、重量轻、耗电少且无辐射,已得到广泛使用。键盘是不可缺少的输入设备,按键的数量由几个到 16 个甚至到 108 等多种。鼠标也是重要的输入设备,有机械式鼠标、光电式鼠标和光机式鼠标。

1.2.2 软件系统

1. 软件分类

软件系统可分为系统软件、支持软件和应用软件。

系统软件主要是指操作系统。操作系统是直接运行在裸机之上的软件,是其他软件运行的基础。操作系统主要目的是对硬件和软件的工作进行管理。操作系统的主要功能有 CPU 管理、存储管理、设备管理、文件管理和其他功能。CPU 管理的基本功能是对多任务进行管理和调度,最大限度地利用 CPU,发挥其效率。存储管理包括内存管理、内存保护和内存扩展。当多道程序并发运行时,需要仔细分配内存空间,为启动运行的程序分配内存,将用完的内存要收回。设备管理包括设备分配、设备驱动和虚拟设备。文件管理包括文件存储与检索、文件操作和文件保护与控制。但是不是所有的计算机都需要操作系统,采用单片机制作的控制系统一般比较简单,不需要操作系统。

支持软件指设计开发平台软件,有程序设计语言、编译调试环境和组态软件等类型。嵌入式系统常用的程序设计语言有汇编语言、C 语言和 C++ 等。汇编语言编写的程序执行速度最快,程序代码最短,但汇编语言依赖具体的机器,编程麻烦,不适合编写大规模的程序。只有对程序的执行时间有严格要求时,才使用汇编语言编程。C 语言是高级语言,不依赖具体的机器,是结构化较强的编程语言,适合编写大规模的程序。

应用软件是针对具体生产过程而编制的程序。直接作用于控制过程的程序,主要包括数据采集程序、数据预处理程序、监控报警程序、控制算法程序、参数设置程序和主控程序等。

数据采集程序的目的是获得由输入通道送来外部信号的数据。在模拟量输入时,包括选择输入通道、启动采样、等待转换结束及读取数据等环节,对整个过程需要进行适时的控制,才能得到正确的数据。

数据预处理程序指对数据采集程序获得的数字量进行数字滤波、标度变换和线性化等工作。数字滤波是为了减少信号中的干扰,是软件抗干扰的主要方法。标度变换指将输入的数字量变换为其对应的工程量。线性化指使数字量与工程量之间满足线性关系。

监控程序是对处理后的数据进行显示、打印和报警。对预处理后的数据显示当前值、最大值、最小值、统计数据,绘制曲线、动画,帮助操作人员了解各变量变化的趋势、设备的状态及环境情况。若有超出工艺参数范围的变量则报警,提醒操作人员对设备采取适当的操作。

控制算法程序是计算机控制系统中的核心程序。控制系统的性能主要决定于控制算法程序及其参数。最常用的算法是数字 PID 算法,它技术成熟、易于掌握、控制效果好,且不需要被控对象的数学模型。

参数设置程序对系统运行的参数进行设置,如对采样通道号的设置、对采样周期的设置、对信号范围的设置等。

主控程序将各个功能模块程序组织成一个程序系统,实现周期性的闭环控制。

2. 程序设计方法

程序设计方法是指程序设计的一些准则。通常有模块化程序设计、结构化程序设计和面向对象的程序设计等。

模块化程序设计的基本思路是化整为零,把一个大程序分解为许多小程序或模块,对每个