



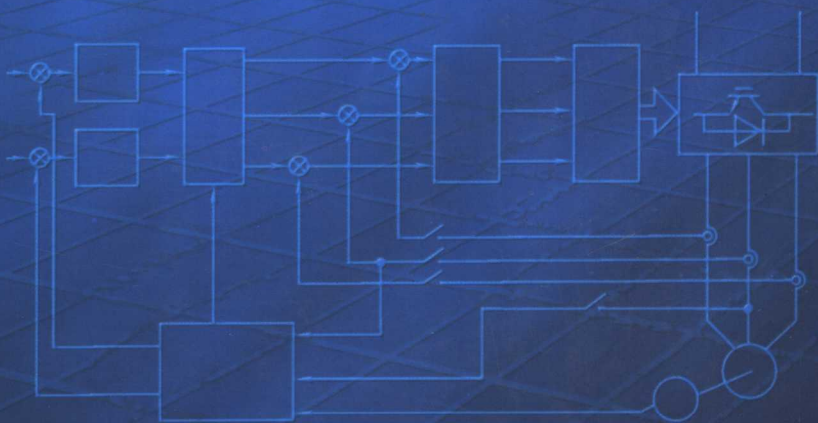
新世纪高等院校精品教材

DIANQI ZHUANGBEI DE

JISUANJI KONGZHI JISHU

电气装备的 计算机控制技术

黄 进 编著



浙江大学出版社

新世纪高等院校精品教材

TM762

9

电气装备的 计算机控制技术

黄 进 编著

浙 江 大 学 出 版 社

内容提要

工业控制是计算机的一个重要应用领域,计算机控制正是为了适应这一领域的需要而发展起来的一门专业技术。本书以电气装备作为被控对象,介绍了计算机控制技术的理论基础、硬件和软件的设计、分析与实现方法,是一本理论联系实际的,具有较强系统性、先进性和实用性的教材。

本书可以作为高等院校电气工程及其自动化、工业电气自动化、机电一体化、计算机应用、检测技术与仪器仪表等专业的教材,也可以作为研究生和有关技术人员的自学和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气装备的计算机控制技术 / 黄进编著. —杭州:浙江大学出版社, 2004. 3
ISBN 7-308-03549-2

I. 电... II. 黄... III. 电气设备—电气控制: 计算机控制 IV. TM762

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 109024 号

责任编辑 杜希武

封面设计 宋纪浔

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 德清第二印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 16.25

字 数 416 千

版 次 2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

印 数 0001—4000

书 号 ISBN 7-308-03549-2/TM·027

定 价 25.00 元

前 言

微电子技术和计算机技术带动整个高新技术群体飞速发展,迅速转化为巨大的经济效益。高技术竞争和突破正在创造着新的生产方式和经济秩序,高新技术渗透到传统产业,引起传统产业的深刻改变。计算机控制技术正是在这场新技术革命中产生的新兴领域。微电子技术、计算机技术使信息与智能、机械装置、电气设备有机结合,使得产品结构和生产系统发生了质的飞跃。计算机控制系统在程序和微电子电路的有序信息流控制下,形成物质和能量的有规则运动,实现了高功能、高质量、高精度、高可靠性和低能耗。

计算机控制技术是一门跨学科,应用性强的课程。目前已有很多介绍计算机控制技术的教材。但多数都是以化学反应过程这样的慢过程系统作为被控对象来介绍的。本书在参照了其中的部分教材后,侧重于快过程系统,特别是运动控制系统的计算机控制,以满足高等院校的电气工程及其自动化、工业电气自动化、机电一体化、计算机应用、检测技术与仪器仪表等专业教学的需要。

本书共分八章。第一章是绪论,介绍了电气装备及其计算机控制的基本概念,计算机控制系统中的计算机,计算机控制系统的组成、形式和特点等;第二章和第三章介绍了计算机控制系统的输入和输出通道,主要内容有计算机控制系统的接口技术、常用的接口、检测和控制硬件以及它们的选用等;第四章对学习计算机控制技术所需的一些理论基础进行了介绍,如采样过程与信号重构过程、Z 变换、差分方程与脉冲传递函数、离散系统的稳定性等;第五章介绍动力装置,主要是 PWM 变频器,和交流伺服系统的计算机控制;第六章介绍计算机控制系统中数字调节器的模拟化和离散化设计方法,包括 PID 控制、最少拍控制、串级控制、前馈控制和解耦控制等;第七章介绍数字运动控制技术,在介绍了运动控制的基本概念和基本原理之后,介绍了各种插补算法,最后集中讨论了伺服系统中位置控制的实现;在本书的最后一章讨论了计算机控制系统设计和实现中的一些具体问题,如设计的步骤与方法、检测信号的处理、控制程序的实现、量化问题以及可靠性问题等。

通过对本课程的学习,使学生熟练掌握计算机控制系统的设计和工程实现方法。学习本课程所需的先导课程有《自动控制原理》、《微机原理》、《电力电子技术基础》等。本书也可以作为研究生和有关技术人员的自学和参考用书。

计算机控制技术的发展日新月异,涉及的内容也日益宽广和丰富。尽管作者做了很大的努力,但由于水平有限,难免存在许多不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 机电一体化与电气装备	(1)
1.2 计算机控制系统中的计算机	(3)
1.3 计算机控制系统的组成	(5)
1.4 计算机控制系统的分类与特点	(7)
1.4.1 计算机控制系统的分类	(7)
1.4.2 计算机控制系统的特点	(8)
第二章 输入通道及其中的硬件	(11)
2.1 数字量输入通道	(11)
2.1.1 数字量输入通道的结构	(11)
2.1.2 数字量的信号调理	(12)
2.2 数字式传感器	(14)
2.2.1 增量式光电编码器	(15)
2.2.2 绝对式光电编码器	(17)
2.2.3 开关量传感器	(19)
2.3 A/D 转换	(20)
2.3.1 逐次逼近型 A/D 转换器原理	(20)
2.3.2 A/D 转换器的主要性能指标	(21)
2.3.3 A/D 转换器的选择原则	(22)
2.3.4 A/D 转换器的外特性	(22)
2.3.5 采用电压频率(V/F)转换器实现 A/D 转换	(23)
2.4 模拟量输入通道	(25)
2.4.1 模拟输入通道的结构	(25)
2.4.2 多路模拟信号输入	(26)
2.4.3 采样与保持	(26)
2.4.4 I/V 变换	(27)
2.4.5 信号标度转换	(28)
2.5 模拟传感器	(30)
2.5.1 电压电流传感器	(30)
2.5.2 感应同步器	(32)

第三章 输出通道中的硬件	(36)
3.1 数字量输出通道	(36)
3.1.1 数字量输出通道	(36)
3.1.2 数字量的信号调理	(37)
3.2 常用功率放大器件及其驱动	(40)
3.2.1 电磁继电器及其驱动	(40)
3.2.2 大功率晶闸管的驱动	(41)
3.2.3 大功率三极管的驱动	(42)
3.2.4 IGBT 的驱动	(43)
3.2.5 固态继电器及其驱动	(45)
3.3 模拟量输出通道	(46)
3.3.1 D/A 转换	(46)
3.3.2 模拟输出通道的结构	(49)
3.3.3 V/I 变换	(50)
3.3.4 模拟量的隔离	(51)
第四章 计算机控制理论基础	(54)
4.1 计算机控制系统中的信号	(54)
4.2 采样过程与信号重构	(56)
4.2.1 理想采样过程的时域数学描述	(56)
4.2.2 理想采样信号的频域特性	(58)
4.2.3 采样定理	(60)
4.2.4 信号的重构	(61)
4.3 Z 变换及其性质	(63)
4.3.1 Z 变换的定义	(64)
4.3.2 求 Z 变换的方法	(64)
4.3.3 Z 变换的基本定理	(67)
4.3.4 Z 反变换	(69)
4.4 离散系统的差分方程	(71)
4.4.1 离散系统的数学模型	(72)
4.4.2 差分方程的解法	(73)
4.5 离散系统的脉冲传递函数	(75)
4.5.1 脉冲传递函数	(75)
4.5.2 脉冲传递函数与差分方程	(77)
4.5.3 开环脉冲传递函数	(77)
4.5.4 闭环脉冲传递函数	(78)
4.6 离散系统的稳定性	(80)
4.6.1 s 平面与 z 平面的映射关系	(81)
4.6.2 离散系统的稳定区域	(82)

4.6.3	离散系统稳定判据	(83)
4.6.4	系统参数对稳定性的影响	(84)
第五章	PWM 驱动与电气传动	(86)
5.1	PWM 技术概述	(86)
5.1.1	电压型逆变器的空间电压矢量及 PWM 原理	(86)
5.1.2	PWM 技术的性能指标	(88)
5.1.3	死区时间及其补偿	(90)
5.2	基于三角载波的 PWM 技术	(91)
5.2.1	自然采样法	(92)
5.2.2	对称规则采样法	(93)
5.2.3	非对称规则采样法	(94)
5.2.4	参考波的生成	(95)
5.2.5	同步调制	(95)
5.2.6	基于专用集成电路的 PWM 技术	(96)
5.3	优化 PWM 生成技术	(98)
5.3.1	离线优化 PWM 方法	(98)
5.3.2	在线的准优化方法	(101)
5.4	电压空间矢量 PWM 技术	(101)
5.4.1	控制原理	(103)
5.4.2	控制算法	(104)
5.4.3	控制的实现	(106)
5.4.4	电压空间矢量	(107)
5.5	电流闭环 PWM 技术	(110)
5.5.1	外加电流环的电流闭环 PWM	(110)
5.5.2	电流滞环 PWM	(111)
5.6	永磁同步电机伺服系统	(111)
5.6.1	永磁同步电机的 PWM 驱动	(112)
5.6.2	永磁同步电机的控制策略	(113)
5.6.3	永磁同步电机伺服系统框图	(114)
5.6.4	永磁同步电机伺服系统的传递函数	(114)
5.7	感应电机伺服系统	(117)
5.7.1	相坐标系下的感应电机	(117)
5.7.2	同步速坐标系下的感应电机	(119)
5.7.3	感应电机的矢量控制	(120)
5.7.4	感应电机矢量控制系统	(122)
第六章	常规与复杂控制技术	(124)
6.1	数字控制器的设计方法	(124)

6.1.1	数字控制器的离散化设计	(124)
6.1.2	数字控制器的模拟化设计	(125)
6.1.3	离散化方法	(127)
6.1.4	采样周期的选择	(128)
6.1.5	离散化设计与模拟化设计的比较	(129)
6.2	数字 PID 控制技术	(129)
6.2.1	数字 PID 的基本算法	(130)
6.2.2	数字 PID 算法的改进	(132)
6.2.3	数字 PID 参数的整定	(135)
6.3	最少拍控制器的设计	(138)
6.3.1	系统的典型输入	(138)
6.3.2	最少拍设计原理	(138)
6.3.3	典型输入下最少拍系统分析	(139)
6.3.4	最少拍控制器的设计	(141)
6.3.5	最少拍无纹波控制器设计	(146)
6.3.6	关于采样周期	(149)
6.4	串级控制技术	(150)
6.4.1	串级控制系统的特点	(151)
6.4.2	计算机串级控制算法	(153)
6.4.3	副控回路微分先行串级控制系统	(154)
6.5	前馈控制技术	(155)
6.5.1	前馈控制的结构与原理	(156)
6.5.2	前馈控制的类型	(157)
6.5.3	计算机前馈控制算法	(160)
6.6	解耦控制技术	(161)
6.6.1	解耦控制原理	(162)
6.6.2	解耦控制系统的设计	(163)
6.6.3	计算机解耦控制	(165)
6.6.4	解耦控制示例	(166)
第七章	数字运动控制技术	(169)
7.1	数控的基本概念	(169)
7.2	数字运动控制基本原理	(170)
7.2.1	运动控制系统中的伺服单元	(171)
7.2.2	运动控制的基本原理	(173)
7.3	脉冲增量插补法	(175)
7.3.1	逐点比较法	(175)
7.3.2	数字积分插补法	(180)
7.4	数据采样插补法	(186)

7.4.1 直线插补算法	(187)
7.4.2 圆弧插补算法	(188)
7.4.3 插补终点判别	(192)
7.4.4 粗插补与精插补	(195)
7.5 运动控制系统中的位置控制	(195)
7.5.1 数据采样式位置控制系统	(196)
7.5.2 脉冲比较式位置控制系统	(198)
7.5.3 相位比较式位置控制系统	(199)
7.5.4 幅值比较式位置控制系统	(202)
第八章 计算机控制系统的设计与实现	(205)
8.1 计算机控制系统设计概述	(205)
8.1.1 系统设计原则	(205)
8.1.2 系统设计步骤	(207)
8.2 测试信号的处理	(214)
8.2.1 误差修正与自动校准	(214)
8.2.2 数字滤波	(216)
8.2.3 线性化处理	(219)
8.2.4 量纲标度变换	(220)
8.2.5 越限报警	(222)
8.3 计算机控制系统中的量化效应	(222)
8.3.1 数据的二进制表示	(222)
8.3.2 有限字长二进制表示的特性	(224)
8.3.3 计算机控制系统中量化误差的来源	(225)
8.3.4 量化误差对系统特性的影响	(226)
8.4 数字控制器的实现	(228)
8.4.1 控制程序的总体结构	(228)
8.4.2 控制算法的编排	(229)
8.4.3 减少计算延时	(233)
8.5 计算机控制系统的可靠性	(235)
8.5.1 提高硬件的可靠性	(235)
8.5.2 干扰的来源	(237)
8.5.3 提高硬件的抗干扰能力	(240)
8.5.4 通过软件提高抗干扰能力和可靠性	(245)
参考文献	(249)

第一章 绪论

1.1 机电一体化与电气装备

机电一体化技术是综合应用机械技术、微电子技术、信息技术、自动控制技术、传感测试技术、电力电子技术、接口技术及软件编程技术等,根据系统功能目标和优化组织结构目标,以智能、动力、结构、运动和感知组成要素为基础,对各组成要素及其间的信息处理、接口耦合、运动传递、物质运动、能量变换机理进行研究,使得整个系统有机结合与综合集成,并在系统程序和微电子电路的有序信息流控制下,形成物质和能量的有规则运动,在高功能、高质量、高精度、高可靠性、低能耗意义上实现多种技术功能复合的最佳功能价值系统工程技术。

一个完善的机电一体化装备,应包含以下几个基本要素:机械机构、动力与驱动单元、执行机构、传感测试单元以及信息处理与控制单元等几个部分。这五个基本组成要素可以与人体的五大要素进行对比,如图 1-1 所示。

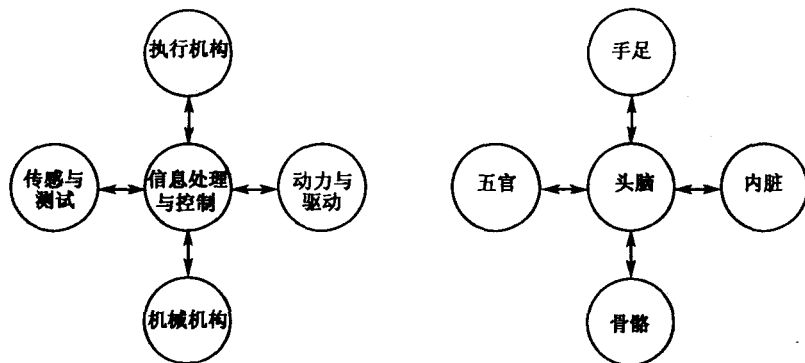


图 1-1 机电一体化设备

机械机构的作用类似于人体中的骨骼。包括工模具以及装备所有功能元素的机械支持结构以及机身、框架、联接等。由于机电一体化产品技术性能、水平和功能的提高,机械机构要在结构、材料、加工工艺性以及几何尺寸等方面适应产品高效、多功能、可靠和节能、小型、轻量、美观等要求。

传感与测试单元的作用相当于人体的五官,对装备本身和外界环境的各种参数及状态进行检测,并将其转换成可识别信号,传输到信息处理单元。它由各种类型的传感器和信号处理电路或测试仪表构成(参见第二章的内容)。传感与测试单元主要问题在于提高可靠性、灵敏度和精确度。而提高可靠性的关键在于提高抗干扰能力。

执行机构相当于人体的手和足。它根据控制单元的指令,快速高精度地完成要求的动作。目前常用的执行机构是电磁式、液压式和气动式机构。此外,还有一些新型的执行机构

如超声波驱动器、形状记忆合金驱动器等。执行机构需要根据机电一体化装备的匹配性要求,考虑改善性能,如提高精度和快速性,减轻重量,实现组件化、标准化和系列化,提高系统整体可靠性等。

动力与驱动单元相当于人体的内脏或肌肉。它在控制单元作用下,提供动力驱动各执行机构完成要求的动作和功能。机电一体化装备一方面要求驱动的高效率和快速响应特性,同时要求对水、油、温度、尘埃等外部环境的适应性和可靠性。由于电力电子技术的高度发展,高性能步进驱动、直流和交流伺服驱动大量应用于机电一体化装备。

信息处理与控制单元相当于人体中的头脑。将来自传感与测试单元的检测信息和外部输入命令进行集中、储存、分析、加工,根据信息处理结果和预设的控制算法,发出相应的指令控制整个系统有目的地运行。一般由计算机、可编程控制器(PLC)和计算机外部设备等组成。机电一体化系统对控制和信息处理单元的基本要求是:提高信息处理速度,提高可靠性,增强抗干扰能力以及完善系统自诊断功能,实现信息处理智能化和小型、轻量、标准化等。

至于电气装备,可以理解为是由上述机电一体化装备中除机械机构以外的其它各部分所构成,既通常所说的一个设备的电控部分。此外,电气装备还可以理解为机电一体化装备中主要由电气元件构成的一个部件,如执行机构中常用的电气伺服系统或电气传动系统等。

电气装备的控制可以是模拟实现的,也可以是基于数字控制技术的。现代的电气装备的控制多是基于以计算机为中央信息处理单元的数字控制技术的,也就是计算机控制的电气装备。电气装备的计算机控制是多学科技术领域交叉的技术密集型系统工程,主要将涉及以下内容:

1. 传感与检测技术

传感与检测装置是系统的感受器官,它对装备本身和外界环境的各种参数及状态进行检测,并将其转换成可识别信号,传输到信息处理单元。传感与检测是实现自动控制、自动调节的关键环节,它的功能直接影响系统的自动化程度。传感与检测的关键元件是传感器。

传感器是将被测量(如各种物理量、化学量等)转换成系统可识别的,与被测量有明确对应关系的电信号的一种装置或元件。对传感器的主要要求是它的精确性、快速性和可靠性(能经受各种严酷环境的考验)。尽管传感器的研究对于实现高性能的电气控制装备是一项关键的技术,具有十分重要的意义,但由于涉及的学科领域甚广,不是本书讨论的范畴。本书将涉及的是如何应用各种成熟的传感器对被测量进行检测。

2. 伺服传动技术

各种伺服传动装置是执行机构中最常用的实现电信号到机械动作的转换装置或部件。计算机通过接口与这些传动装置相连接,控制它们的运动,带动工作机械作回转、直线以及其它各种复杂的运动。因此伺服传动是直接执行操作的技术,对系统的动态性能、控制质量和功能具有决定性的影响。常用的伺服传动装置可以分成电磁、气动、液压三种类型,本书将主要涉及电磁式伺服传动装置。由于变频调速技术的进步,各种交流传动装置的应用越来越广泛,在许多应用场合,交流伺服传动装置已开始逐步取代液压伺服传动装置。

3. 计算机信息处理与自动控制技术

在《自动控制理论》课程中,已深入探讨了模拟控制系统或连续控制系统的控制理论和设计方法。计算机控制系统是混合系统,其中既有模拟量,又有数字量。当计算机控制系统中采样间隔时间(采样周期)减小到趋于零,该系统即趋于连续控制系统。但现实的计算机控

制系统中采样间隔时间不可能趋于零,计算机控制系统的控制理论和设计与模拟控制系统相比就有所不同。这从以下几个例子就可以看出:

* 若被控对象是时不变线性系统,通常所形成的连续控制系统也是时不变系统。但相应的计算机控制系统,由于它的时间响应与外输入的作用时刻和采样时刻是否同步有关,所以严格说,计算机控制系统不是时不变系统。系统对同样外输入的响应,在不同时刻研究、观察时可能是不同的,所以,它的特性与时间有关。

* 尽管计算机控制系统的一些特性可以用模拟控制系统理论解释,但还有很多现象是不能用模拟系统理论加以解释的。通常,一个模拟系统是可控可观的,相应的计算机控制系统中,若采样周期选取的不合适,则可能会变得不可控。

* 计算机控制系统有一个字长有限的问题。A/D 或 D/A 变换器、计算机的字长是有限的,由于数字字长有限,在某些情况下,将会使计算机控制系统响应产生极限环振荡。这是模拟系统所没有的现象。

可见,在计算机控制系统中,由于信号的采样所产生的一些现象是无法用模拟系统控制理论加以解释和说明的,有必要对采样有关的理论加以探讨。在计算机控制系统的设计方法方面,目前常用的有两类,

模拟域设计方法:把计算机控制系统看成是连续系统,以经典的模拟控制器的设计方法为基础,在模拟域上设计得到模拟控制器,然后再用不同的方法将其离散化,以便在计算机上实现。这是目前常用的一种设计方法。由于离散化会产生误差,并与采样周期大小有关,所以是一种近似实现方法。

离散域设计方法:把系统看成是纯离散信号系统,直接在离散域进行设计,得到数字控制器,并在计算机里实现。所用到的数学工具是 z 变换和离散状态空间分析法。这种离散设计与模拟域设计方法相比,模拟控制器的离散化方法要求较高的采样频率,否则会改变系统的动态特性,并会导致该闭环系统的不稳定。因此,离散化设计方法有时称为精确法。

1.2 计算机控制系统中的计算机

自 1945 年第一台电子管计算机诞生以来,电子计算机已经历了四代的发展,并继续向第五代计算机(人工智能计算机)和第六代计算机(神经网络计算机)发展。计算机的发展趋势是,一方面朝着高速、智能化方向发展,另一方面朝着微型化方向发展。

微型计算机,简称微机,是大规模集成电路技术的产物。“微型”是指用大规模集成电路技术把计算机的核心部件集成在一片或几片芯片上,从而使计算机的体积、成本、耗电大为减少,性能显著提高。世界上第一台微型计算机出现于 1971 年,当时美国英特尔公司推出 Intel4004 微处理器,这是一种四位微机,只能用于简单的计算器中。从那时起,微机技术发展迅速,目前 32 位微机已开始获得广泛应用,可供选择的机型达数百种之多。目前常用的 8 位微机有 Intel8080、Intel8085、Z80 和 MC6800 等;常用的十六位微机有 Intel8086、Z8000、MC68000 等,此外还有三十二位微机如 Intel80386 等。

大规模集成电路技术的发展,使得把计算机的核心部件如微处理器、存储器、定时器、A/D 转换器、串并行接口等集成在一块芯片上成为可能。于是,一块大规模集成电路芯片就具有了一台计算机的全部功能。这样的集成电路芯片称为单片机。自 1975 年美国德克萨斯

仪器公司推出第一片四位单片机 TMS-1000 以来,由于它具有很多独特的优点,单片机发展极快,各大厂商竞相开发和仿制,目前至少已有 50 多个系列的 400 多种机型,成为微型计算机的一个非常重要的分支。目前国内常用的八位单片机有 Intel 公司的 MCS-51 系列和 Motorola 公司的 MC6801/05 系列,十六位单片机有 Intel 公司的 8096 系列等。此外,近年来一些高性能的数字信号处理器(DSP),如 TMS320 系列也常被用于高性能的电机调速系统的控制。

微型计算机是微机控制电机调速系统的核心。机型的选择往往直接影响控制精度和控制目标的实现。在微机控制调速系统的设计阶段,通常应根据系统的控制复杂程度及其对动态特性和控制精度的要求来确定机型。对于小型的或对体积有较高要求的系统,可以考虑选择单片机,若系统对动态特性及控制精度要求不是很高,可以采用 8 位或 16 位单片机,对于控制复杂度较高,或对动态特性及控制精度要求较高的系统,可以选择十六位甚至三十二位单片机;对于较大型的,特别是对数据的处理、储存、输入输出有较高要求的系统,则可以考虑采用工业控制计算机来实现。

特别值得一提的是可编程控制器(Programmable Controller,简称 PC,为避免与 Personal Computer 相混淆,又常简称为 PLC)的应用。PLC 是以单片机为基础,综合了计算机技术,自动控制技术和通信技术发展起来的一种通用的工业自动控制装置。它具有体积小、功能强、程序设计简单、灵活通用、维护方便等一系列的优点,特别是它的高可靠性和较强的适应恶劣工业环境的能力,更是得到用户的好评。若所要实现的主要是开关逻辑控制、顺序(步进)控制、定时控制、计数控制等,则采用 PLC 是十分方便的。当然,现代的 PLC 也能够实现模拟量控制和简单的闭环控制(如 PID 控制)。

对于大型的系统,则可以考虑采用多台微机各自承担一部分控制任务,协同工作,构成多微机控制系统。例如,在一个加工中心中,每一个伺服传动系统用一个单片机控制,整个加工中心则用一台工业控制计算机控制。工业控制计算机一方面负责人机交互,另一方面负责数据采集,通过插补运算协调各单片机完成高精度定位控制。此外,工业控制计算机还可以实现整个加工中心的故障诊断等方面的工作。

与通用微机相比,用于控制的微机应具有以下特点:

- 1) 控制微机应具有高的可靠性。只有控制微机本身具有高的可靠性,才能保证它所控制的电气装备具有高的可靠性,不至于影响工业过程的连续运行。一般要求控制微机的平均无故障运行时间 MTBF 能达到上万小时,此外还要求控制微机具有良好的维修性。

- 2) 控制微机应有强的实时性。对于电气装备这样的快过程系统的控制,强的实时性和高的计算速度是十分重要的。例如,在交流伺服传动这样的快过程系统中,微机在很短的周期内(几个毫秒甚至更短)要完成诸如坐标变换、磁通观测、产生触发脉冲以及紧急故障处理等诸多的工作。因此要求微机实时时钟和完善的中断系统。

- 3) 控制微机对环境的适应性要强。控制微机工作于生产现场,工作环境有时很恶劣,常有强电强磁的干扰,或者振动冲击以及较大的温度变化等。控制微机在这样的 work 环境中应能保持正常运行。

- 4) 控制微机应有完善的输入输出通道。电气装备是一个复杂的多变量系统。要实现对这样的系统的控制,微机应具有完善的模拟量输入输出通道和开关量输入输出通道,同时应具有完善的输入输出指令和逻辑判断指令。

1.3 计算机控制系统的组成

下面以一个电机传动系统为例,说明计算机控制系统与传统的模拟控制系统的关系,以及计算机控制系统的组成。

在 20 世纪 70 年代及之前,基本上所有的传动系统都采用模拟控制,其基本结构如图 1-2 所示。图中电源、变流装置和电机构成传动系统的主回路,电源供给的电功率(通常为电压幅值恒定的直流电或频率与电压幅值恒定的交流电)由功率半导体器件(如二极管、晶闸管、三极管等)构成的变流装置变换成电机所要求的电能形式后供给电机。控制系统由触发器、内环控制器、外环控制器、检测电路和各种保护环节构成。触发器用于产生变流装置的触发脉冲;内环控制器用

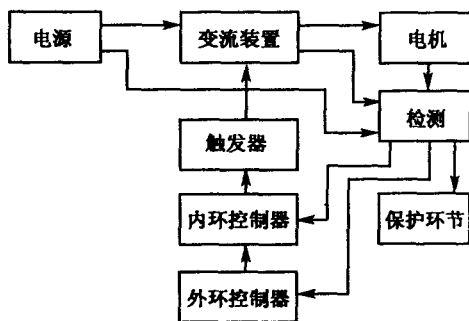


图 1-2 模拟控制的电机调速系统

于实现对某些量如电压、电流的闭环控制,如各种电机调速系统中常用的各种电流调节环等;外环控制器根据选定的控制规律可以是一个转速闭环、转矩闭环或位置闭环,它为内环控制器提供控制信号,如电流参考值等;检测电路的作用是反馈系统的状态。

模拟控制系统目前在我国应用较普遍。但由于模拟控制系统的各环节由大量的晶体管以及线性集成电路等元件构成,使得系统的性能、运行可靠性以及经济性都难以进一步提高。随着微型计算机技术和数字控制技术的不断发展,出现了另一种控制形式,即以计算机为核心的全数字控制系统。当应用于电机调速系统时,系统的构成如图 1-3 所示,模拟控制系统中由晶体管和线性集成电路所完成的功能现在由微型计算机和数字集成电路来完成。

在图 1-3 所示的微机控制系统中,微型计算机至少可以实现以下功能:

- (1) 模拟控制系统中外环控制器的功能,即根据预定的控制规律或控制策略,计算内环控制器所需的各种控制信号,有时还需根据反馈信号,进行参数辨识;
- (2) 模拟控制系统中内环控制器的功能,如根据外环控制器提供的电压或电流的参考值,实现电压、电流的反馈控制;
- (3) 产生变流装置的控制信号,即构成变流装置的各可控开关元件的触发脉冲;
- (4) 对可能发生的各种故障进行保护,对各种故障实现在线或离线的故障诊断。

图 1-3 中的输入通道完成对电机调速系统的状态、量值的检测,是微机控制系统的信号输入通道。它一方面要把一些非电量转换成电量,或者把强电信号转换成弱电信号;另一方面要把模拟输入信号通过 A/D 转换转换成微机能够接受的数字信号(有些单片机也可以直接接受模拟输入信号,在内部进行 A/D 转换);有时还要实现弱电性质的控制回路与强电性质的主回路间的隔离。

输出通道是微机控制系统中计算机实现控制运算处理后,对控制对象输出控制信号的输出通道接口。在图 1-3 中,输出通道主要功能是对微机输出的触发脉冲进行功率放大;有时还实现控制回路与主回路间的隔离。有时在输出通道中需要把计算机输出的数字控制信号通过 D/A 转换转换成模拟控制信号。

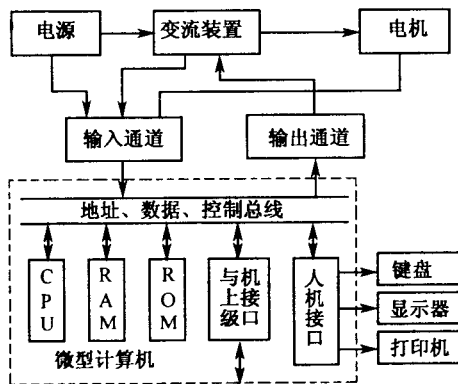


图 1-3 微机控制电机调速系统

微机通过人机接口与实现人机联系的外部设备相连接。人机联系设备又分为输入设备和输出设备。输入设备用于输入数据、命令和用户程序等。在微机控制系统中常用的输入设备是键盘。输出设备是微机将运算结果、系统信息等以字符或图形的方式显示出来的地方。常用的输出设备有显示终端、打印机、数码管以及绘图仪等。

此外微机控制系统还可以通过与上级计算机的接口,接受上级计算机的指令,或把所在系统的状态等信息送入上级计算机。

前面对微机控制的电机调速系统的硬件组成作了简单的介绍。构成计算机控制系统的另一个不可缺少的部分是软件。软件包括系统软件和应用软件两大类。

系统软件一般由微机的生产厂家或软件生产厂家提供。它包括对微机进行管理调度的操作系统,将用计算机语言编写的应用软件编译成机器代码的编译系统等,此外还有一些服务性的软件,如编辑程序和调试程序等。

应用软件是为了执行某一个具体的任务(如计算或实时控制)而编制的专用程序,它一般由用户根据自己的需要而编写。应用软件可以用不同的计算机语言,如汇编语言、PL/M语言、C语言和FORTRAN语言等。一般对实时性要求不高的应用软件,如科学计算软件都用C语言和FORTRAN语言这样的高级计算机语言来编写。用高级语言编写软件可以大大地缩短编写软件所需的时间,所编写的软件易于被读懂,易于修改和调试。

对实时性要求较高的单片机实时控制软件目前仍大多采用汇编语言编写。这是由于在一般的情况下,用汇编语言编写的程序的效率较用高级语言编写的程序要高得多,占用较少的CPU时间,此外用汇编语言编写的程序所占用的内存较用高级语言编写的程序要少。但是用汇编语言编制的程序难于读懂,可维护性差,而且调试困难,工作效率低。据统计,完成同样的任务,使用高级语言比使用汇编语言可提高开发、调试效率5—10倍以上。

值得一提的是,随着编译技术和计算机语言的发展,目前已逐步具备了用高级语言编写实时控制软件的条件。一些厂家提供的高级语言的编译系统提供了机器代码优化的功能;此外这些编译系统允许用户对高级语言程序进行编译后输出相应的汇编程序,用户通过对这样输出的汇编语言程序进行手工优化来提高机器代码的效率。目前许多高级语言都允许用混合语言编程,这为提高编制实时控制软件的工作效率提供了另一个可能性。所谓混合语言编程即用几种计算机语言编制同一程序的不同部分。这样,实时控制程序中对实时性要求较

高的或重复执行的部分可以用汇编语言编写,其它部分则可以用高级语言编写。

PL/M 语言是目前在微机控制领域逐步开始流行的一种高级语言。PL/M 语言直接支持中断管理和服务;可直接使用 PL/M 语言方便地对微机的硬件功能进行操作。一些 PL/M 的编译系统提供了多级代码优化功能和功能强大的浮点运算库。用 PL/M 语言编写的程序代码转换效率高,占用内存容量小,运行速度快。使用 PL/M 语言编写程序,即使涉及 I/O,如 A/D 转换等,其代码转换效率仍可与有经验者直接使用汇编语言编写相媲美。当程序长度超过 2KB(2 千字节)字节时,其占用内存大小和运行速度可优于一般人直接用汇编语言编写的程序。

1.4 计算机控制系统的分类与特点

1.4.1 计算机控制系统的分类

计算机控制系统根据与它所控制的对象的复杂程度,以及不同的控制目的,应有不同的控制方案。计算机控制系统大致可分为以下几种典型的形式。

一、数据采集系统

数据采集系统的结构如图 1-4 所示。严格地说,它不属于计算机控制系统,因为系统中的计算机不直接参与控制。计算机的主要作用一是对被控对象的各变量、参数进行巡回检测、采集、储存,并以一定的格式将这些数据在显示器上显示或在打印机上打印,实现对被控对象的集中监视;二是对所采集的数据进行处理分析,并给出对被控对象控制的建议,即给出操作指导信息,供操作人员参考。

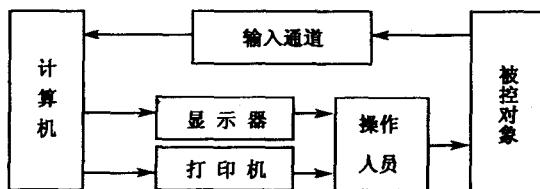


图 1-4 数据采集系统

二、监督控制系统

监督控制 SCC(Supervisory Computer Control)系统中,计算机根据原始工业数据等参数,按照描述被控对象的数学模型或其它方法,自动地改变被控对象的控制给定值,从而使被控对象总是处于最优工况(如保持高质量、高效率、低消耗、低成本等)。可见,监督控制系统中计算机的作用是改变给定值,所以又称设定值控制 SPC(Sett Point Control)。

监督控制系统中的被控对象可以是传统的模拟控制系统,这时,计算机通过 D/A 转换为各控制闭环提供模拟给定值;被控对象也可以是下面介绍的计算机直接数字控制系统,监督控制系统中的计算机(上位机)通过通讯接口为直接数字控制系统中的计算机(下位机)提供控制指令,这时实际上是一个二级控制系统。

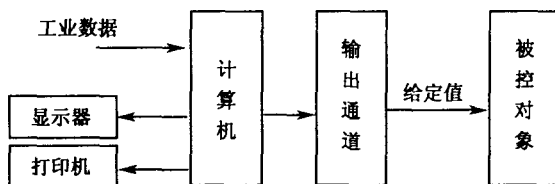


图 1-5 计算机监督控制系统

三、直接数字控制系统

直接数字控制(Direct Digital Control,简称 DDC)系统结构如图 1-6 所示。计算机通过输入通道对被控对象的状态信息进行实时数据采集。根据所采集的状态信息,并按已给定的控制规律进行实时决策,产生控制指令,通过输出通道输出控制指令,对被控对象实现直接控制。这种控制方式属于计算机闭环控制系统,是应用最普遍的一种方式。由于这种系统中的计算机直接参与被控对象的控制,所以,要求实时性好、可靠性高和环境适应性强。

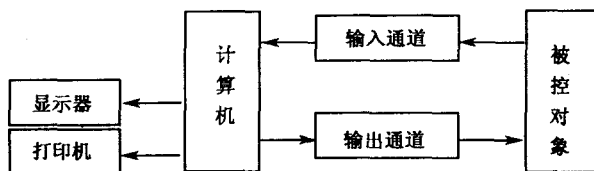


图 1-6 直接数字控制系统

四、分散型控制系统

随着计算机技术的发展,人们不仅希望用计算机对一台设备进行控制,还希望用计算机对整个生产过程进行控制和综合管理。因此出现了应用以多台计算机为基础的分散型控制系统(Distributed Control System,简称 DCS),如图 1-7 所示。该系统采用分散控制原理、集中操作、分级管理与控制和综合协调的设计原则,把系统从上而下分成生产管理级、控制管理级和设备控制级等,形成分布式控制。各级之间通过数据传输总线及网络相互连接起来。在设备控制级,一些微机实现对一些控制对象如电机调速系统的直接数字控制(DDC),并将设备的一些状态信息送给上一级如车间监督级计算机(控制管理级);车间监督级计算机根据这些信息和工厂集中控制计算机下达的命令进行优化控制,这一级计算机担负着监督和协调各装置级的工作;工厂集中控制级计算机根据上级下达的任务和本厂情况,制定生产计划,安排本厂的工作,同时向上级计算机汇报本厂情况。企业管理级计算机的任务是制定本企业长期发展规划、生产销售计划,并据此向工厂集中控制级计算机下达命令。

1.4.2 计算机控制系统的特点

根据控制信号的形式可以将控制系统分为模拟控制和数字控制两种。在模拟控制系统中控制信号是连续变化的,因此控制也是连续地作用在被控对象上。而在数字控制系统中控制信号是离散的,控制作用也是离散的。在有的控制系统中,兼有两种形式的控制信号,构成混合控制系统。如图 1-2 中,内环部分采用模拟控制,外环部分采用计算机控制,计算机系统为模拟形式的内环控制器提供参考值或设定值,从而组成上述的计算机监督控制系统(SCC)。