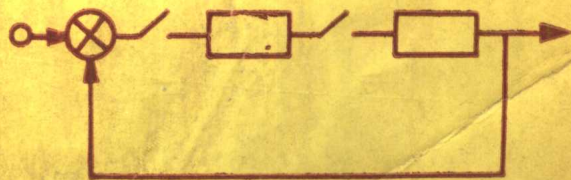


微型计算机控制技术 及其应用

汪寿基 编著



成都科技大学出版社

微型计算机控制技术及其应用

汪 寿 基 编著

成都科技大学出版社

内 容 提 要

本书从工程实用观点出发,讲述了微机用于生产过程控制中的接口电路、某些控制方式、控制算式及其程序设计。

第一、二章介绍各种接口电路,包括I/O片、A/D和D/A片、采样器、保持器等原理、功能以及它们之间、它们和CPU间的互相连接、微机控制系统的防干扰措施。第三至五章阐述了数字滤波、PID控制、串级控制、纯滞后补偿控制、前馈—反馈控制、解耦控制、最优控制等的原理、控制算式及其程序设计。每种控制方式都举有实例。最后附有三个附录,用以介绍离散系统的设计方法、微机控制系统的某些程序清单(包括PID算式、求解黎卡提方程、连续系统离散化等程序)、某些A/D、D/A芯片引脚的功能。

本书可供大专院校师生和从事自动化工作的科技人员阅读。

微型计算机控制技术及其应用

编著:汪寿基

责任编辑:毕腾弟

成都科技大学出版社出版

成都科技大学出版社印刷厂印刷

四川省新华书店发行

开本 787×1092毫米 1/16 印张15.9375

1986年12月第1版 1986年12月第1次印刷

字数:340千字 印数:1—5000

书号:16476·01 定价:3.74元

前 言

随着社会生产不断地发展，对自动化的要求也越来越高，并向着综合自动化方向发展。从对单一生产设备的局部控制，发展到对整个车间、整个工厂，甚至对整个公司实现自动化管理。在一个自动化管理系统中，既包括对现场设备实现自动控制，也包括对生产过程、供销过程中各种信息的收集、分析与处理，以及对计划的制订、生产的调度等管理工作实现自动化。从而使整个企业能够在高效率、低消耗的条件下进行工作。计算机技术的发展，特别是性能可靠、价格低廉的微型计算机的出现，为实现上述目标提供了强有力的工具。

在生产过程控制中，使用微型计算机控制系统，代替由模拟式自动化仪表组成的控制系统，促进了现代控制理论在生产过程控制中的应用，使得诸如纯滞后补偿控制、前馈—反馈控制、多变量系统的解耦控制、最优控制、自适应控制等这样一些较复杂的控制方式易于实现。从而提高了控制系统的控制品质，以达到提高产品的产量、降低消耗与成本的目的。

微型计算机用于实时控制，用户除了具有某类生产知识之外，还要求兼有硬件、软件、控制理论等几方面的知识。从目前国内外情况来看，由于这一因素（当然不是全部原因）使微机用于实时控制的发展速度与普及程度，不如微型计算机在科学计算与管理工作中应用的发展那样迅速与广泛。为此，作者试图从实用的观点出发，综合上述三方面的内容来编写这本书，希望它能为从事自动化工作的科技人员，提供一些微型计算机控制方面的基本知识。

本书主要介绍微型计算机用于生产过程控制的接口电路，某些控制方式的基本工作原理、控制算式及其程序设计。对所述的每一种控制方式都举有实例。书内的三个附录，用以介绍离散控制系统的设计方法、微型计算机控制系统中所用的某些程序清单（例如PID控制程序、求解黎卡提方程的程序、连续时间系统离散化的程序等等）。

在编写本书的过程中，王典崇同志阅读了本书底稿，提出了不少宝贵的意见，王贵德、李远弘、张培光、董元汉与孔恒芝等同志也给予了不少帮助，在此表示衷心的感谢。限于作者的水平，书中会有不少不妥与错误之处，敬请读者提出批评指正。

作者于

一九八五年

目 录

第一章 微型计算机控制系统概述.....	(1)
第1-1节 控制系统的基本概念.....	(1)
第1-2节 计算机控制系统的组成.....	(3)
一、微型计算机的基本结构.....	(4)
二、过程通道.....	(5)
三、人一机联系设备.....	(6)
第1-3节 计算机控制系统的类型.....	(6)
一、操作指导控制系统.....	(7)
二、直接数字控制系统.....	(7)
三、监督控制系统.....	(8)
四、分级控制系统.....	(8)
第1-4节 微型计算机的输入—输出及其接口电路.....	(9)
一、概述.....	(9)
二、微型计算机的输入—输出方式.....	(12)
三、中断.....	(15)
四、常用接口片.....	(19)
第二章 过程通道.....	(35)
第2-1节 过程参数的采样原理.....	(36)
一、采样过程及其数学描述.....	(36)
二、采样定理.....	(37)
三、采样周期的选择.....	(39)
四、多路采样装置.....	(40)
(一) 干簧继电器采样装置.....	(41)
(二) 飞渡电容继电器式多路采样装置.....	(42)
(三) 单片模拟开关.....	(42)
(四) 变压器隔离式 MOS 开关多路采样器.....	(44)
第2-2节 模拟量输出通道.....	(45)
一、输出保持器.....	(46)

DJS-7

(一) 保持器及其作用	(46)
(二) 保持器的结构	(47)
二、数模(D/A)转换的基本工作原理	(51)
三、8位D/A转换器及其和CPU的连接	(53)
四、10位、12位D/A转换器及其和CPU的连接	(58)
第2-3节 模数(A/D)转换器	(62)
一、A/D转换的基本工作原理	(62)
二、8位A/D转换器及其和8位CPU的连接	(64)
三、10位、12位A/D转换器及其和CPU的连接	(68)
第2-4节 开关量输入—输出通道	(72)
一、开关量输入通道	(72)
二、开关量输出通道	(73)
三、开关量通道的抗干扰措施	(74)
第2-5节 微型计算机控制系统的抗干扰措施	(75)
一、概述	(75)
二、抗干扰措施	(76)
(一) 供电系统方面的抗干扰措施	(76)
(二) 过程通道方面的抗干扰措施	(77)
(三) 地线配置方面的抗干扰措施	(77)
第三章 控制系统中常用程序的设计	(79)
第3-1节 概述	(79)
一、控制系统中软件的特点	(79)
二、控制系统中常用程序的组成	(80)
三、控制系统中软件的设计步骤	(80)
第3-2节 数据采集与处理系统	(80)
一、读入数据	(82)
二、有效性检验	(83)
三、线性化处理	(83)
四、数字滤波	(87)
五、计算处理	(87)
六、上、下限检查	(88)
第3-3节 数字滤波程序	(89)
一、限幅滤波程序	(89)
二、算术平均滤波程序	(90)
三、五中取三滤波程序	(91)
四、一阶延滞滤波程序	(93)

第四章 微型计算机控制系统中的控制算法.....	(96)
第 4-1 节 PID控制算法.....	(96)
一、PID控制作用原理.....	(96)
二、PID控制算式.....	(100)
(一) 理想微分型的PID算式.....	(100)
(二) 实际微分型的PID算式.....	(101)
(三) 参数的整定.....	(103)
(四) PID控制算式的程序设计.....	(105)
三、PID控制算式的几种发展.....	(108)
(一) 积分分离的PID算式.....	(108)
(二) 带有死区的PID控制算式.....	(108)
(三) 微分先行的PID控制算式.....	(108)
四、串级控制算法.....	(109)
(一) 串级控制系统的概念及举例.....	(109)
(二) 直接数字串级控制系统及其算式.....	(110)
(三) 串级控制系统的参数整定.....	(111)
五、应用举例.....	(111)
(一) 应用微机控制同步发电机的励磁.....	(111)
(二) 应用微机对直流电动机实现串级调速.....	(116)
第 4-2 节 纯滞后补偿控制.....	(120)
一、纯滞后补偿控制的基本原理.....	(120)
(一) Smith 预估器.....	(120)
(二) 改进型的 Smith 预估器.....	(122)
二、直接数字纯滞后补偿控制算式.....	(124)
(一) 纯滞后补偿控制算式.....	(124)
(二) 能完全补偿扰动的纯滞后补偿控制算式.....	(125)
三、应用举例.....	(127)
第 4-3 节 前馈—反馈控制系统.....	(129)
一、前馈—反馈控制系统的基本概念及实例.....	(129)
二、直接数字前馈—反馈控制算式.....	(133)
三、应用举例.....	(135)
第 4-4 节 解耦控制系统.....	(140)
一、基本解耦关系.....	(140)
(一) 互相耦合的多变量控制系统举例.....	(140)
(二) 基本解耦关系.....	(141)
二、直接数字解耦系统.....	(144)

(一)	解耦矩阵的离散形式	(144)
(二)	解耦控制系统应用举例及其算式	(146)
第五章 最优控制简介		(150)
第 5-1 节	最优控制的基本概念	(150)
一、	最优控制问题的提法	(150)
(一)	最优控制的实例	(150)
(二)	最优控制问题的提法	(152)
二、	连续的线性二次型问题	(155)
(一)	连续的线性二次型问题的求解	(155)
(二)	黎卡提代数方程式的求解	(158)
三、	离散的线性二次型问题	(159)
(一)	多步决策过程的例	(159)
(二)	最优性原理及动态规划的基本方程	(160)
(三)	线性定常二次型问题的求解	(161)
(四)	当N充分大时, 线性定常系统最优控制的计算	(164)
(五)	离散的黎卡提代数方程式的求解	(165)
四、	连续系统的离散化	(165)
第 5-2 节	最优控制应用举例	(166)
一、	同步发电机的励磁最优控制	(166)
(一)	同步发电机励磁控制的数学模型	(167)
(二)	最优控制规律及其程序设计	(168)
(三)	系统结构	(169)
二、	电阻炉温度的最优控制	(170)
(一)	数学模型	(170)
(二)	最优控制规律	(171)
(三)	在TP-801单板机上实现最优控制	(173)
(四)	系统结构	(174)
三、	应用微机对火电厂的机组实现闭环最优分配负荷	(174)
(一)	负荷的最优分配	(175)
(二)	调整同步器的控制算式	(178)
(三)	系统结构	(179)
附录 I:		(180)
一、	连续时间控制系统的数学描述	(180)
(一)	用传递函数描述控制系统	(183)
(二)	控制系统的状态空间表达式	(187)

二、控制系统的特性.....	(190)
(一) 控制系统的阶跃响应.....	(190)
(二) 控制系统的品质指标.....	(191)
(三) 控制系统的稳定判据.....	(192)
三、离散时间控制系统的数学描述.....	(196)
(一) Z变换和Z传递函数.....	(198)
(二) 离散的状态空间表达式.....	(202)
(三) 离散系统的稳定判据.....	(203)
(四) 二阶离散系统.....	(206)
四、离散控制系统设计简述.....	(207)
(一) 按模拟系统设计, 数字化控制器的方法进行设计.....	(207)
(二) 数字式PID控制器的设计.....	(210)
 附录II:	 (214)
一、二进制运算的若干程序.....	(214)
二、PID控制算式程序.....	(221)
三、求解连续时间系统黎卡提代数方程的 BASIC 程序.....	(224)
四、求解离散时间系统黎卡提代数方程的 BASIC 程序.....	(228)
五、计算连续系统离散化的 BASIC 程序.....	(231)
 附录III:	 (234)
一、某些 A/D 芯片的性能及引脚功能.....	(234)
二、某些 D/A 芯片的性能及引脚功能.....	(235)
参考文献.....	(239)

第一章 微型计算机控制系统概述

第1-1节 控制系统的基本概念

在自动控制系统中，为了提高控制质量，常采用反馈措施。一般所说的自动控制系统（或称自动调节系统）都是指有反馈的系统。图 1-1 所示是一个热处理炉的炉温控制系统。

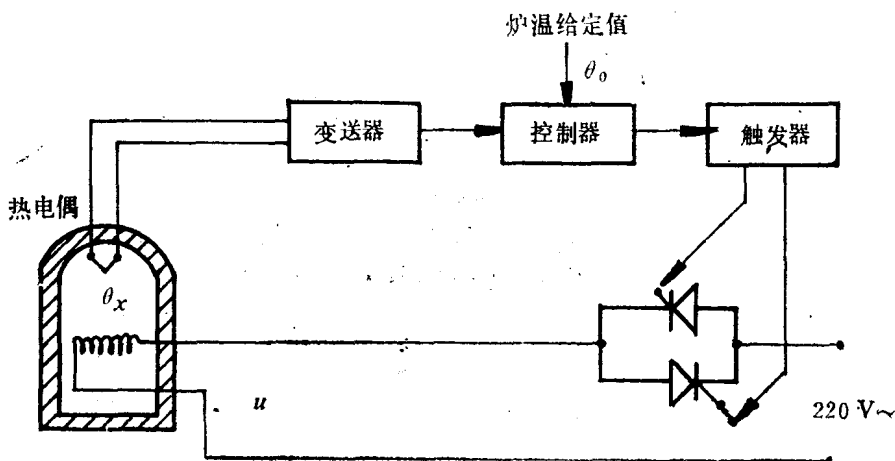


图 1-1 炉温控制系统

这个系统的控制目的是：保持炉内温度 θ_x 等于炉温的给定值 θ_0 。控制系统通过热电偶及温度变送器不断地检测炉温 θ_x ，并把它和给定的炉温 θ_0 进行比较。当 $\theta_x \neq \theta_0$ 时，引起控制器的输出变化，以改变可控硅的导通角，使输给炉内电阻丝的电压 u 变化，从而使 $\theta_x = \theta_0$ 。由此可知，这个系统的控制过程，实质是“检测偏差 ($e = \theta_0 - \theta_x$)，纠正偏差”的过程。根据这种原则实现的自动控制系统，称为按偏差控制的系统。

分析研究一个自动控制系统，我们关心的是系统各部件之间信号传递的情况，各部件的输出信号与输入信号之间的数学关系，而不是各组成部件的具体结构。不同结构的部件，若它们的输出信号与输入信号的数学关系相同，则它们在一个控制系统中所起的作用是一样的。因此我们可以不管系统中各部件的具体结构，而常用如图 1-2 所示的方框图来表示一个自动控制系统的输出信号与输入信号的定量数学关系。

图中每一个方框代表控制系统中的一个环节，符号 \otimes 代表加法或减法器， \rightarrow 代表信号的传递方向。

图中： $Y(s)$ 是被控量（相当上例中的 θ_x ，又称系统的输出量）； $R(s)$ 是被控量的给定值（相当于 θ_0 ）， $F(s)$ 是外界的扰动量，它们都是系统的输入量；

$E(s) = R(s) - Z(s)$ 是偏差。

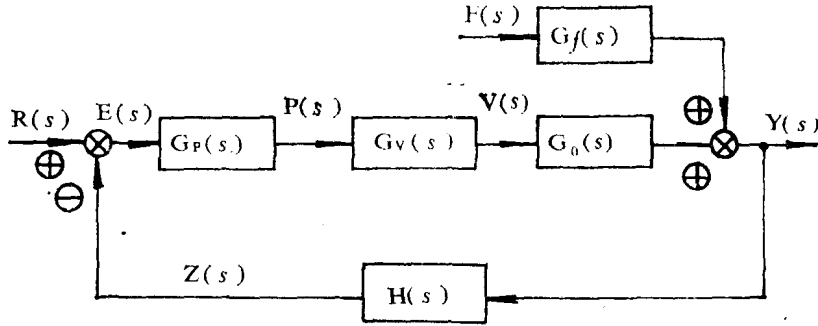


图 1-2 自动控制系统方框图

各方框中的 $G_o(s)$ 、 $G_f(s)$ 、 $H(s)$ 、 $G_p(s)$ 、 $G_v(s)$ 分别表示被控对象、干扰通道、检测单元、控制器、执行机构的传递函数。分别用以描述各个环节的输出信号与输入信号间的定量关系，例如 $G_p(s) = P(s)/E(s)$ 。

被控对象遭受外界扰动 $F(s)$ 的作用，或改变被控量的给定值 $R(s)$ ，都可能引起被控量 $Y(s)$ 的变化。对于 $R(s)$ 不变，而 $Y(s)$ 只因扰动 $F(s)$ 而引起变化的系统，称为定值控制系统。这类系统的控制目的，是消除扰动对被控量的影响，维持被控量等于它的给定值。另一类控制系统的给定值 $R(s)$ 是变化的，控制目的是希望被控量能迅速跟随给定值而变化，这类控制系统称为随动控制系统。

设计一个控制系统的主要内容，就是根据被控对象的数学模型 $G_o(s)$ ，确定控制器的数学模型 $G_p(s)$ ，在输入量的作用下，使被控量的瞬态过程 $y(t)$ 符合所要求的性能指标。

由图 1-2 可知，控制系统输入量 $R(s)$ 或 $F(s)$ 对输出量（即被控量） $Y(s)$ 的传递函数分别为

$$W_R(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_p(s)G_v(s)G_o(s)}{1 + H(s)G_p(s)G_v(s)G_o(s)} \quad (1-1)$$

$$W_f(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{G_f(s)}{1 + H(s)G_p(s)G_v(s)G_o(s)} \quad (1-2)$$

两个输入量同时起作用时，控制系统的输出量 $Y(s)$ 为

$$Y(s) = W_R(s)R(s) + W_f(s)F(s) \quad (1-3)$$

若已知 $r(t)$ 和 $f(t)$ ($R(s)$ 和 $F(s)$ 的原函数) 的变化规律，求解式 (1-3) 即可得到被控量随时间变化的瞬态过程 $y(t)$ 。这类系统称为连续时间控制系统。

当使用微型计算机控制一个生产过程时，由于数字计算机只能接受和处理在时间上离散的数码。这样，在微型计算机控制系统各部件之间传递的信息，不完全是连续的模拟量，而是包含有离散的数字信号。数字计算机的输入与输出都是数字量，具有离散系统的特点，而被控生产过程的输入与输出一般都是模拟量，属于连续系统。因而计算机控制系统是一种混合系统，其中必须包含有模拟量和数字量互相转换的部件。对于一个

计算机控制系统，它的定量关系可用图 1-3 所示方框图描述。

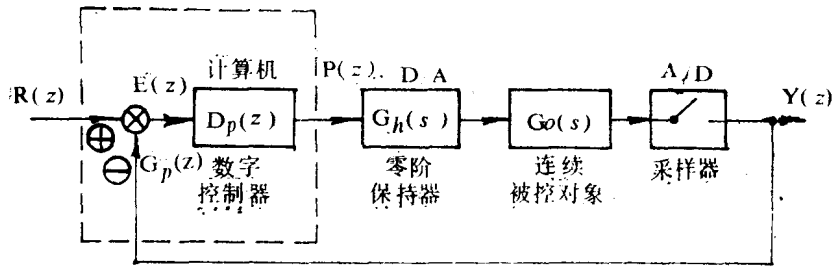


图 1-3 数字反馈控制系统

由于计算机控制系统具有离散系统的特征，所以常用 z 传递函数* 进行描述。图中 $G_p(z) = \frac{P(z)}{E(z)}$ 是数字控制器（控制算式）的 z 传递函数。设计微型计算机控制系统的 一个主要内容，就是依据被控对象的特性 $G_o(s)$ 以及所要求的控制指标，确定数字控制器的形式 $G_p(z)$ 。设计数字控制器有两种方法：

1. 忽略控制系统中的零阶保持器及采样器，把它看作一个连续时间控制系统，在 s 域内设计控制器，然后通过某种近似的方法，把控制器离散化，最后再用 z 域分析法来检验原定目标是否已达到。

2. 在 z 域内直接设计一个数字控制器。在这种方法中，可以根据控制指标的要求，直接选择数字控制器的零点和极点在 z 平面上的位置。

当计算机控制系统中的采样频率远高于原信号所含的最高频率时，可把整个系统近似看作连续时间控制系统，按第一种方法设计控制器。有关内容见附录 I，并参阅 [6—9]。

第1-2节 微型计算机控制系统的组成

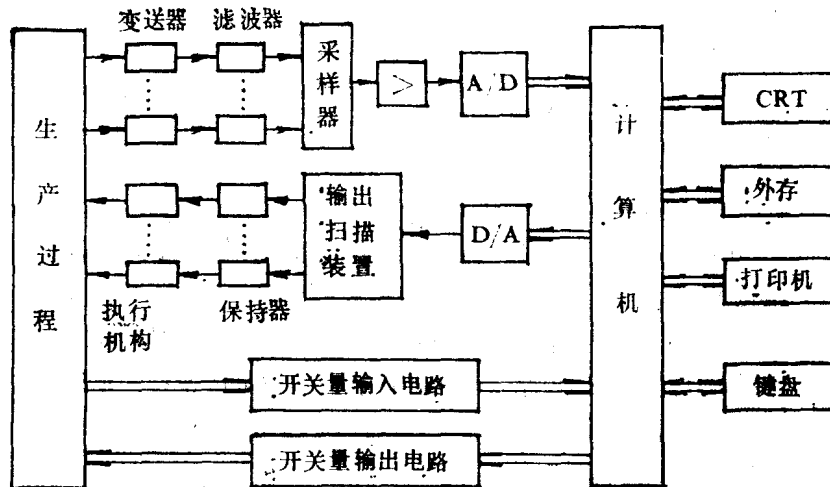


图 1-4 微型计算机控制系统组成框图

* z 传递函数概念见附录

微型计算机控制系统一般是由被控生产过程、过程通道、微型计算机、以及人一机联系设备等部分所组成，如图 1-4 所示。

一、微型计算机的基本结构(1-2)

微型计算机是微型计算机控制系统的核心。它的基本部件有：中央处理单元、内存贮器、总线以及输入—输出接口 (I/O) 等，如图 1-5 所示。

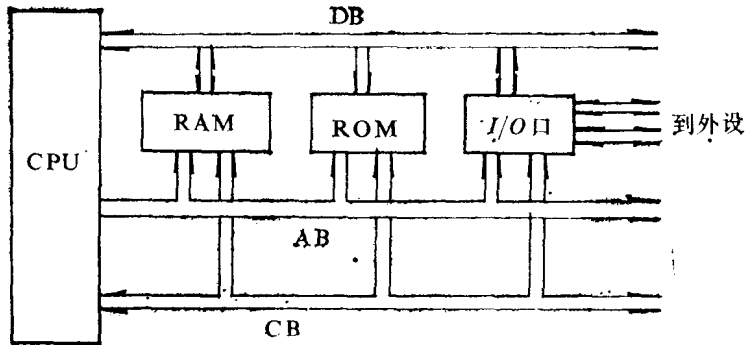


图 1-5 微型计算机组成方框图

(一) 中央处理单元 (CPU)

它是微型计算机的核心部件，主要是由运算器、控制器以及一些寄存器所组成。用以完成各种运算（算术与逻辑运算）任务，也是指挥微型计算机各部件协调工作的控制中心。

中央处理单元一般做成一块芯片（例如 Z-80、M6800 等的 CPU 芯片），也有由两块芯片组成（如 8080 和 8244 芯片）。

(二) 内存贮器

内存贮器主要是用来存放经常要使用的程序与数据。一般有两种类型：

1. 随机存贮器 (RAM)

在微型计算机运行过程中，这种存贮器内的数据可以随时读出或写入。因而常用来存放需要经常修改的程序、生产过程中需要检测的参数的数值、控制算式中需要修改的常数、运算过程的中间结果和最后结果等等。

2. 只读存贮器 (ROM)

常用来存放微型计算机的监控程序、不需要修改的运算常数、通用子程序，以及微型计算机控制系统中的控制程序等等。这些信息存入 ROM 后，就成为永久性的，只能读出，不能再写入新的内容。

EPROM 是一种可以擦去其中内容的只读存贮器。在这种存贮器的芯片上有一个窗口，当用紫外线照射时，可以擦去原来存贮的内容。然后通过一定程序以及加上 25V 的电源，写入新的内容。在微型计算机运行过程中，EPROM 中的内容，仍然只能读出不能写入新的数据。

(三) 总线

微型计算机的总线有三类。

1. 数据总线 (DB)

主要用于传递数据和指令, 数据总线的根数和微型计算机的字长一一对应。例如字长 8 位的微机, 它的数据线有 8 根, 为 D_0-D_7 。

2. 地址总线 (AB)

为了使微型计算机各部件之间能够准确地传递信息, 有关部件 (例如存储器与接口片) 都编有地址码。地址总线就是用来确定和传送地址码的。例如需要对内存贮器的某个单元进行读出或写入数据, 要正确地完成此项操作, 必须先将该单元的地址码送到地址总线上, 然后才能发出读或写的命令。

地址总线的线数, 取决于地址码的位数和传输方式。通常 8 位字长的微型计算机, 地址总线采用二进制 16 位 (A_0-A_{15}) 一次传送的方式, 因而需 16 根地址线。也有一些 8 位机 (例如 INTEL 8085 CPU) 是采用分时传送方式, 地址线只有 8 根传送 A_8-A_{15} , A_0-A_7 则由数据总线进行传送。

3. 控制总线 (CB)

中央处理单元是通过控制总线, 以掌握微型计算机各部件的状态, 并根据需要随时传送 CPU 向有关部件发出的控制命令。

(四) 输入—输出接口 (I/O)

输入—输出接口是主机和外围设备交换信息所必须的电路。目前, 微型计算机逐步都采用各种通用接口电路。

通常的接口电路有串行和并行两种。并行接口, 一次传送的位数是一个字节 (和 CPU 的字长相等); 串行接口一次传送一位数字。有关接口电路见第 1-4 节。

二、过程通道

过程通道是计算机和被控生产过程之间的桥梁。用以收集表征生产过程特点的各种参数, 经过变换后送入计算机, 并将计算机输出的各种命令与控制信号, 经过变换去操纵执行机构及其它有关装置, 使生产过程能正常地进行。过程通道一般由以下几部分所组成。

(一) 模拟量输入通道

生产过程中的被控参数 (例如温度、压力、电流……) 通常都是模拟量。这些参数通过检测元件和变送器转换为统一的直流电流 ($0-1\text{mA}$; $0-10\text{mA}$; $4-20\text{mA}$) 或直流电压 ($0-40\text{mV}$; $0-5\text{V}$)。对于电流信号, 可用精密取样电阻再转变为统一的电压信号, 然后经过滤波器、多路采样器、模—数转换器 (A/D), 把模拟量转换为数字量后, 才能送入计算机。

为了减小被控参数随时间变化对 A/D 转换精度引起的不良影响, 有时在采样器之后接有保持放大电路。其中放大器的作用是把输入的低电平信号, 放大到 A/D 转换器所要求的输入电平, 同时可起阻抗匹配作用。

(二) 开关量输入通道

在生产过程控制中, 常常需要了解某些开关、电动机、双向阀门等等设备的状态, 以便根据它们的状态作出控制决策。为此, 可用一个二进制位 (0 或 1) 来表示一个装

置的状态。在计算机控制系统中，这一功能可通过开关量输入通道来实现。

（三）模拟量输出通道

目前用以控制工业过程的执行机构，基本上是模拟式的执行机构，通常使用模拟电压或电流来操纵。因而计算机输出的控制信号必须经过数—模（D/A）转换器，把数字量转换为模拟量（电压或电流）后，才能去操纵执行机构。对于气动或液动的执行机构，尚需经过电—气或电—液转换装置。

当控制多个回路（多台执行机构）时，尚需要使用输出扫描装置进行切换。此时，对于每个回路而言，输给执行机构的是时间上离散的信号。而模拟式执行机构要求输入的是时间上连续的模拟信号，所以在每个执行机构之前装有输出保持器。

（四）开关量输出通道

在计算机控制系统中，继电器接点的闭合或断开、电动机的启动或停止、指示灯和报警喇叭的通或断等等，都是输出开关量控制的。因而开关量输出通道也是过程通道的组成部分。

此外，在某些生产过程中，可能使用一种输出是一系列脉冲的检测仪表。例如涡轮流量计，它在单位时间内发出的脉冲数就表示相应的流量。在这种情况下，可设置一个计数器，用以累计检测仪表发出的脉冲数。当计数器计满溢出时，向 CPU 发出中断请求，使计算机存储器中的累计单元增加一定数值，用以累计流量。脉冲计数器还可用于电功率的积算、转速和长度的测量。这一类输入计算机的方式称为脉冲量输入通道。另有一些执行机构需要输给一系列脉冲进行控制，称为脉冲量输出通道。实质上都是属于数字量输入/输出通道范畴。

由上述可知，过程通道由各种硬设备组成，它们起着信息的变换和传递作用，配合相应的软件，使计算机和生产过程能够进行信息交换，从而实现计算机对生产过程的控制。

三、人一机联系设备

在微型计算机控制系统中，一般都有一个控制台，以便使生产过程的操作人员能和机器“对话”。使操作人员随时能了解生产过程的状态，必要时尚可修改控制系统的有关参数，发生事故时能紧急进行人工干预等等。操作人员的控制台一般应包括以下设备。

1. 有一台显示屏，可以随时显示操作人员需要了解的内容；
2. 有一个操作键盘，其中包括必要的功能键和数字键。按动功能键，能使微机系统进入功能键所标示的工作程序。数字键用来送入某些数据，或修改控制系统中的某些参数；
3. 有一台打印机，以便定时或选点打印所需要的检测参数值、计算结果值等等。

第1-3节 计算机控制系统的类型

根据计算机在控制系统中的功能和控制目的不同，计算机控制系统有以下几种类型。

一、操作指导控制系统

操作指导控制系统是计算机在工业生产中使用最早、最普遍的一种形式。它的结构方框图，如图 1-6 所示。

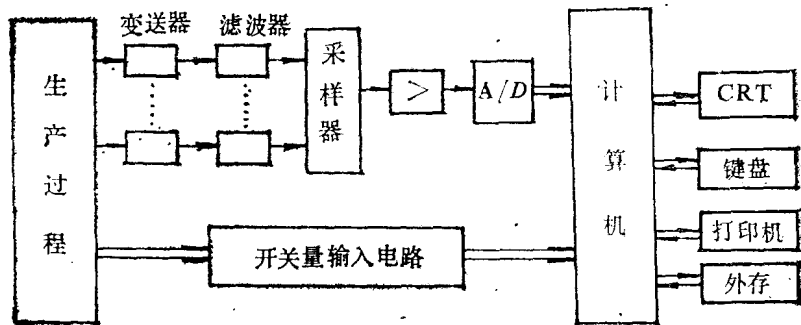


图 1-6 操作指导控制系统结构方框图

在这种控制系统中，要求计算机完成以下主要任务。

(一) 数据的采集与处理

1. 通过模拟量输入通道和开关量输入通道，收集生产过程中的有关参数以及设备的状态；
2. 利用计算机快速运算与逻辑判断的能力，对所检测的参数进行正确性判断与精确性处理（例如线性化处理、温度与压力对流体流量测量影响的修正、对采样值进行数字滤波处理等等），并可根据要求，对描述生产过程经济性与安全性的某些指标进行计算等等；
3. 按照生产过程的要求，能定时或选点的显示与打印出有关参数；
4. 当发生异常现象时，能实现声、光报警以及事故记录。

(二) 对生产过程的优化条件进行分析

根据对生产过程所检测的参数值，以及工艺的要求，计算表征生产过程优劣的性能指标（例如单位能量消耗量，定量产品的原材料消耗量……），给出被控量合理的或最优的给定值，或给出最优的控制输出量，把它们显示与打印出来，以便运行人员及时修改各控制器的给定值，或去操作有关执行机构，使生产过程在接近最优的工况下运行。

操作指导控制系统属于开环控制系统类型，它的优点是比较灵活与安全，当运行人员认为计算机给出的操作指导不合适，可不予采用。因此，对于某些生产过程的控制规律尚未彻底了解的情况下，可采用这种控制方式进行摸索，也常用于试验新的数学模型和调试新的控制程序等场合。

二、直接数字控制系统

应用一台小型或微型计算机作为核心，配以输入、输出通道等外围设备，如图 1-4 所示系统，按规定的控制规律（例如 PID 控制规律）对生产过程中多个控制回路实现闭环控制，直接操纵执行机构，这一类计算机控制系统称为直接数字控制系统，简称 DDC 系统 (Direct Digital Control)。

DDC 系统是用计算机实现比例—积分—微分 (PID) 控制而发展起来的。目前, 它的功能已大大超越 PID 控制范围。在 DDC 系统中已使用了前馈—反馈控制、大滞后对象的 Smith 预估控制、解耦控制, 甚至采用了最优控制以及自适应控制等各种比较先进的控制方式。

随着价廉、可靠的微型计算机的发展, 为 DDC 系统的进一步使用开辟了广阔的前景。微型计算机的使用, 使一台计算机的控制回路大为减少, 并为分散型的计算机控制系统提供了物质基础, 从而使计算机控制系统的可靠性大为提高。

三、监督控制系统

监督控制系统 (Supervisory Computer Control, 简称 SCC 系统) 的框图如图 1-7 所示。在这种系统中, 计算机的输出不是直接去控制被控对象, 而是根据对生产过程所检测的各种物理量, 按照一定的数学模型计算出被控量的最优给定值, 由计算机输出去调整常规自动控制器的给定值 (如图 1-7a) 或调整 DDC 系统的给定值 (如图 1-7b), 从而使生产过程在最优的工况下运行。

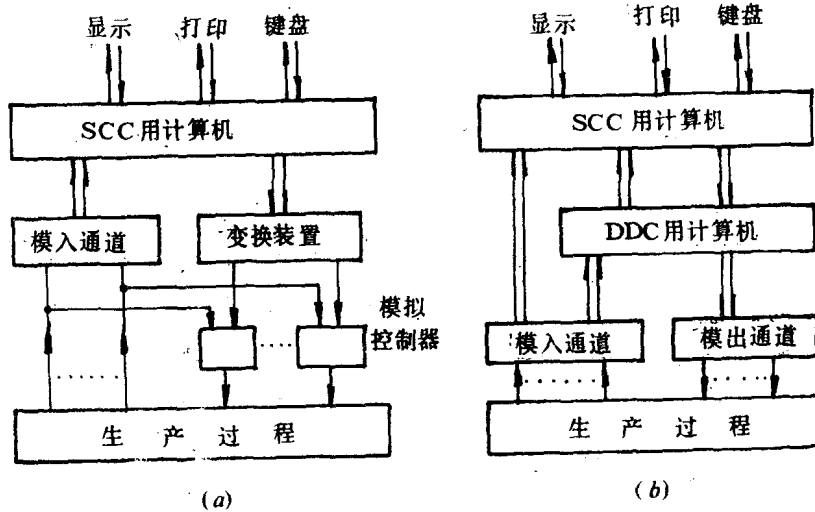


图 1-7 监督控制系统方框图

四、分级控制系统

在计算机用于生产过程的发展初期, 由于认识上的片面, 强调用一台计算机对整个生产过程实现集中控制。实践证明, 这种方案的可靠性是很差的, 而且也不经济。随着工业生产规模越来越大, 信息来源越来越多, 对计划管理和信息收集的及时性要求也越来越高。使整个生产过程不但存在控制问题, 而且也存在大量管理问题。因而采用一台大型计算机来完成全部任务更是不合理。由此, 目前主张采用多台计算机协调工作, 形成分级控制系统 (Hierarchical Control), 如图 1-8 所示。

在多级控制系统中, 最低一级计算机直接面对生产过程, 为 DDC 控制方式, 完成 DDC 系统的各种任务, 从可靠性角度来看, 对它的要求最高。