

陆吾生 黄午阳 编著

电子技术应用丛书

怎样使用小型计算机

科学出版社

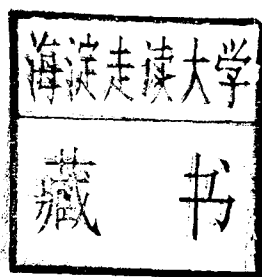
6
5.11

TB26
LX 4/1

电子技术应用丛书

怎样使用小型计算机

陆吾生 黄午阳 编著



000 620

科学出版社

1981

内 容 简 介

本书是电子技术应用丛书之三，它主要介绍怎样使用小型计算机。全书分为概述、小型工业计算机 JS-10A、程序设计的基本方法、小型数据处理系统实例等内容。

本书可供工厂中的工人、技术人员和有关专业的大专院校师生参考选用。

JS10A

电子技术应用丛书

怎样使用小型计算机

陆吾生 黄午阳 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981年4月第 一 版 开本：787×1092 1/16
1981年4月第一次印刷 印张：11 3/4 插页：1
印数：0001—16,400 字数：267,000

统一书号：15031·336

本社书号：2101·15—8

定价：1.35 元

前 言

随着我国工农业生产和科学技术的迅速发展,广大工农兵群众迫切希望掌握电子技术.为了适应这种需要,我们编写了一套《电子技术应用丛书》,本书是第三册.

本书共分四章.第一章对计算机及其应用方式作简要叙述;第二章介绍一台结构较简单的小型机 JS-10A,并对它的指令系统、中断及输入输出方式等作了详细的说明;第三章是以 JS-10A 机为模型机来叙述手编程序的设计方法及如何给一个系统配置一套完整的程序;第四章以“手表参数多路测试仪”为实例,比较详细地叙述了一个有一定实时性要求的,小型数据处理系统的方案拟定、程序与硬件的配合、程序编制方法等问题.

本书是计算机应用方面的普及性读物,目的是使具有电子技术基本知识的读者,能通过本书的学习及自己的工作实践,尽快地了解计算机的具体应用方法,并对读者提供一些思路和启发.所以,我们选择了结构简单并已在生产中推广使用的小型机 JS-10A 作为叙述本书基本内容的模型机.对于其他类型的小型机,本书所叙述的方法也是有参考价值的.

限于篇幅,对于在不少行业中已经应用的开关量计算机群控,本书没有反映进去.对于计算机应用中的另一个大的方面,即数值计算及各种程序设计语言,书中也未予以介绍,好在这方面的资料已有好几种,对此感兴趣的读者不难找到自己所需要的资料.

在编写过程中,我们得到了上海第四手表厂、上海调节器厂、上海量具刃具厂、上海师范大学以及中国科学院物理研究所等单位的支持和帮助,在此向以上单位表示衷心感谢.由于我们水平有限,错误缺点一定不少,欢迎读者批评指正.

编 著 者

1980 年于上海市业余工业大学

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 数字计算机的基本概念.....	1
一、历史概况	1
二、数字计算机的基本框图	2
三、计算机的主要特点	3
第二节 小型计算机的几种应用方式.....	4
一、数据处理	5
二、过程控制	6
第二章 小型工业计算机 JS-10A	11
第一节 JS-10A 机概况	11
一、主要性能	11
二、JS-10A 机的方框图.....	11
三、机内信息流动的一般过程	14
第二节 指令系统.....	17
一、指令表	17
二、指令的分类	19
第三节 JS-10A 机的运控部件	25
一、运算器	25
二、控制器	26
第四节 输入输出方式及中断系统.....	30
一、光电输入方式	30
二、面板输入方式	32
三、通过总线进行数据传送	32
四、中断系统	36
第五节 指令功能的实现举例.....	39
一、传送指令举例	39
二、运算指令举例	41
三、转移指令举例	42
四、移位指令举例	44
第六节 面板操作.....	45
一、指示灯及各类板键	45
二、程序的置入、检查及计算机的启动	46
第七节 内存储器.....	48
一、磁心和三度三线存储器	48
二、JS-10A 的存储器.....	54

第三章 程序设计的基本方法	63
第一节 某些基本概念.....	63
一、 什么叫程序设计	63
二、 最简单的算式程序	63
第二节 分枝程序.....	65
第三节 循环程序.....	66
一、 计数型循环程序	66
二、 循环次数未知的循环程序	70
三、 逻辑尺方法	72
四、 循环程序的两个应用例子	72
第四节 子程序.....	76
一、 JS-10A 机中子程序的调用方法	76
二、 两个例子	77
三、 几个常用子程序汇编	78
第五节 怎样为一个小型数据处理系统配置程序.....	88
一、 功能要求	88
二、 系统的流程图	89
三、 系统中的硬件	91
四、 程序的配置	97
第四章 小型数据处理系统实例——手表参数多路测试仪	107
第一节 关于系统设计的考虑方法.....	107
一、 系统的基本组成环节	107
二、 手表的参数及常规测量仪器	107
三、 手表参数多路测试仪的意义	109
四、 系统的方框图	109
第二节 系统的工作原理.....	110
一、 主机	110
二、 工作过程及主控程序的粗略框图	110
三、 A, C 表音脉冲形成和放大电路	111
四、 数据的收集	115
五、 数据的处理	117
六、 结果的输出设备	129
七、 方位器的控制	136
八、 控制台面板	138
九、 主控程序	143
十、 其他硬件	147
附录	150
I 纸带穿孔规则	150
II 手表多路测试仪的计算机程序	152

第一章 概 述

第一节 数字计算机的基本概念

一、历史概况

人类早在远古时代的生产实践中就已形成了数的概念：传说中的结绳记事，包含了二进制（“有”—“无”）的萌芽；八卦的创造，反映了二进制和八进制的关系；在殷代的甲骨文中已经有了十个数码的符号。随着数的概念的产生，数的运算也发展起来，并出现了运算工具，其中，最早出现的是算筹。到了十四世纪，出现了一直流传至今并广为应用的算盘。这些都是我国古代劳动人民对于世界文明的伟大贡献。随着生产的发展，数的运算日趋复杂，特别是十七世纪以来，欧洲资本主义的发展，迫切需要研究新的计算工具，从算盘到电动计算器的发明历史，就反映了这一发展过程。

然而，仅仅改进计算器，还不足以使人类的计算能力有重大的突破。只要考察一下人们用手摇计算器解题的过程，就可以明白这一点。用手摇计算器解题时，先要设计一张表格。它的第一行各栏依次标明每个中间步骤的算法，最左面的几列填好原始数据，然后借用计算器和各种数学用表，填写各列数值，直到算出最后结果。如果改用晶体管台式计算器，计算器的速度提高了上万倍，但整个解题过程未必会快一、两倍。这是因为人工填写数据和按键的速度，即“存储器”的读写速度以及作完一步想下一步的速度（“控制器”的处理速度），都没有改进。

第一台电子数字计算机诞生于 1945 年。当年 12 月开始运行，次年 2 月正式交付使用。它每秒能做 5000 次加法或 500 次乘法或 50 次除法，比起以前的计算机，运算速度有了极大的提高。

第一台计算机虽然是一个突破，但它的构造原理与今天的计算机相比，还有不小的距离。首先，它没有真正称得上内存储器的部件。它只能存储和处理 20 个数字，每个数字都放在一个寄存器中，但因寄存器价格昂贵、体积庞大，故而大大限制了这台计算机的工作能力。由于计算的中间结果无处可存，只能穿在卡片上再次输入。有人用它算一道题共花了 30 分钟，但其中真正的计算时间只有 2 分钟，其余 28 分钟是花在将中间结果穿在卡片上的时间。

其次，这台机器也没有真正称得上“运控”的部件。它的机身是一个庞然大物，共有 18000 个电子管，70000 个电阻，10000 个电容，7500 个继电器和开关。它的体积长 30 米，宽 1 米，高 3 米，运行时耗电 140 千瓦。大量的运算部件要像积木一样由人来搭配成各种解题布局，每换一题就要重新搭一次，这是很费时间的。有人作过比较，计算一个幂级数的前 7 项，在电动计算器上算，准备工作需 3 分钟，计算用 15 分钟。但在这台计算机上算，准备工作至少需要 15 分钟，而计算只要 1 秒钟。可见，对于高速计算机来说，自动控制计算过程的问题显得多么突出。

在第一台计算机问世之后过了几年,又相继出现了一批电子数字计算机。这些后继者和我们现在使用的计算机具有基本相仿的原理。它们采用一种叫做延迟线的设备做内存存储器,使成本降低到百分之一,从而使大量存储信息成为可能。至于程序控制的问题,采用过去的穿孔办法是不现实的,它不能和电子计算机的运算速度相匹配。由于解决了大容量存储信息的问题,人们把控制运算步骤的命令(即指令)也存放在存储器里,并设计了两个部件,即运算器和控制器。控制器负责查阅已存在存储器中的程序,并判断计算机操作人员要叫计算机做些什么操作,然后一件一件地交给计算机各部件去办(这也就是指令的逐条执行过程),其中有关的运算就交给运算器去做。把程序存储在计算机里是一个很大的改革,它使电子计算机的高速性真正有了用武之地。因此,至今人们还常常把电子计算机叫做“存储程序计算机”。

二、数字计算机的基本框图

图 1-1 示出了数字计算机的基本框图,它包含四个主要部件:运算器、控制器、内存存储器以及输入/输出控制部件。这些部件有机地结合在一起,构成了电子数字计算机的本身,通常称为主机。

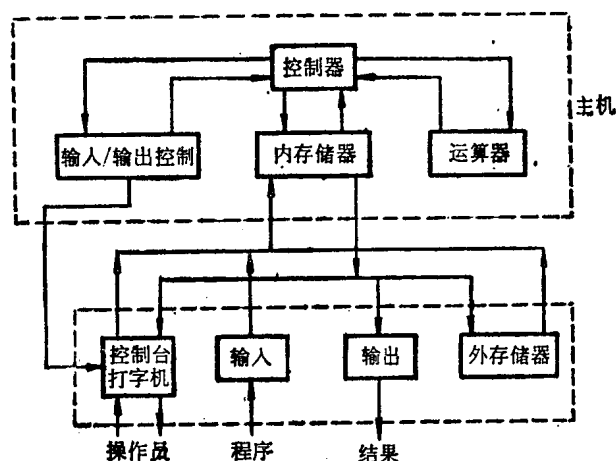


图 1-1 数字计算机的基本框图

如上所述,现代电子计算机的基本思想是内部程序控制。当人们使用计算机时,必须把机器应该完成的任务,分解为计算机能够执行的一系列基本运算或操作,它们是用一串指令来表示的,其中每条指令规定了计算机应该做什么操作,以及操作的数现正存放在存储器的何处。当人们把解题的程序连同原始数据,存入计算机的存储器并进行启动后,计算机的控制器就能自动顺序地从存储器中取出指令,并对它进行分析,然后根据指令的要求,或对某些数据进行加工,或通过某些渠道与外部现场发生控制关系和交换信息等等。加工的结果按照程序的要求,可以送回存储器,也可以暂存在运算器中等下一条指令执行时继续加工。执行指令的顺序可以由程序本身根据运算的结果或外界的要求加以改变。因此,一旦把程序和数据送进了图 1-1 所示的计算机中,整个计算过程就在程序的调度控制下,有条不紊地自动进行,其运行的速度取决于电路和元件本身。至此,人类的计算能

力产生了一次巨大的飞跃。

除了主机和程序之外,还必须有各种使外界和计算机发生联系的通道。这主要是各种输入、输出设备。例如,纸带输入机、穿孔输出机、控制打字机、快速打印机、屏幕显示、绘图仪等。这些都通称为外部设备,它们通过各自的“接口”电路和计算机交换信息。

三、计算机的主要特点

电子数字计算机不但是现代化的计算工具,而且由于它具有运算速度快、逻辑判断能力强以及存储容量大的特点,使它的应用远远超出了数值计算的范围。这里我们对它的三个特点作一些说明。

1. 关于运算速度

电子计算机的发展经历了电子管、晶体管、集成电路三代更新,现在正在向以大规模集成电路为主要特征的第四代过渡。除了元件的不断革新外,计算机本身的结构也在不断改进,从而使计算机的运算速度得以迅速提高。目前,运算速度已达到每秒三亿次。更高速的计算机正在研制。即使是结构简单的小型计算机,现在大多数机种的速度也都在每秒十万次以上。

计算速度的提高,对于解决需要处理数据量极大的问题提供了可能性。例如气象资料的整理、分析,地震勘探数据的处理,都是高速大型机的重要应用领域。另外,对于国防和许多工业生产过程来说,实时性要求往往是第一性的。这里所说的实时性,是指计算机及时处理外界输入信息的能力。例如,对于敌方入侵目标的迅速反应和正确决策是克敌制胜的重要前提,这里用“分秒必争”来形容时间上的紧迫感显然是不够了,高速数字计算机在这个“反应—决策—拦截打击”的实时控制过程中,无疑发挥了它特有的长处。

运算速度快也提高了计算机的使用效率。例如一台大型机要为十个用户(这样的用户常被称为“终端”)服务,我们规定计算机在一个时间周期(譬如说,1秒钟)里,依次地为这十个用户轮流服务。这样,每个用户在1秒钟里只有十分之一秒的时间在使用这台计算机,但是由于它速度很快,日常生活中那一眨眼的功夫,对于计算机来说却可以办许多事。在下一个时间周期里,每个用户又都可以轮到一次使用机器的机会。这种“分时系统”在计算机程序的管理下,凭借了机器操作特有的快速性为众多的终端服务着,而每个终端都“觉得”计算机好像在专门为它这个用户服务似的,这便大大提高了计算机的使用效率。

2. 关于逻辑判断能力

很强的判断能力已经成为区别电子计算机和普通台式计算器的标志。我们来看这样一个例子:有一组在计算机管理下的电子秤,用于车站的行李托运业务。根据规定,对于到达站不同的行李,运费单价也不同,重量超过规定公斤数的行李,其超重部分的运费单价要适当增加一些。例如,这些托运规定可用如下的算式来表达:

$$Z = \begin{cases} P \times G & P \leq 50\text{kg} \\ 50 \times G + (P - 50) \times 1.125 \times G & P > 50\text{kg} \end{cases}$$

其中, P 是行李重量, G 为运费单价, Z 为托运费。上式表明, 当行李超过 50 kg 时, 超重部分的运费按单价的 112.5% 计算。

在用计算机进行控制时, 它首先通过输入控制部件把电子秤上的行李重量 P 以及到达站站名代码(它可以在管理人员的键盘上预先设定)取入计算机。接着, 根据站名代码从存储在计算机内的单价目录表中查到相应的运费单价。为了计算运费总价, 先要将 P 的数值与常数 50 进行比较判断, 并根据判断结果决定采用总价表达式 Z 中的哪一个算式进行计算。计算完毕后, 再把结果进行显示和打印。这里, 我们看到计算机除了输入数据, 进行运算以及输出结果等步骤外, 还需要进行判断, 以决定其后继的流程方向。

3. 关于存储容量

在以“存储程序”为特征的现代数字计算机中, 存储器是必不可少的组成部分。它的容量通常用字来表示, 例如, 小型机 JS-10A 的存储器容量是 4096 字, 中型通用机 709 机的机内存储器为 32768 字, 大型机的存储器容量可达 512k 字或更大, 这里 K 代表 1024。每个字的位数叫做字长, 小型机的字长一般为 16 位, 大型机则可达 48 位或更长。除了主机内部的这种存储器——通常称为内存器——之外, 还有所谓外存储器, 如磁带、磁鼓、磁盘等, 它们的存储容量更大, 常常可达几百万字。容量庞大的存储器就像一个大仓库, 不论是为数众多的原始数据、中间结果以及准备输出的成批数字结果, 还是指挥整个计算机系统工作的程序系统, 都能有次序地一一存放在这个仓库中, 并且根据需要随意地进行迅速的取存。在前面提到的气象、地震数据处理等方面的应用中, 正是利用了计算机巨大的存储信息的能力。

第二节 小型计算机的几种应用方式

现代数字计算机是在军事需要和生产发展的推动之下出现的。三十年来, 计算机在体积、功耗、成本、运算速度以及可靠性等方面都不断有所改进, 从表 1-1 中列出的七十年代出现的微型计算机 F8 与世界上最早出现的那台计算机 (ENIAC) 的性能对比中, 我们就可以明显地看出计算机性能的改善是十分惊人的。

与此同时, 还发展了一系列的程序系统, 它使得计算机能以极高的效率进行工作。为了使大多数非专业人员, 不需具备计算机方面的很多专门知识也能使用机器解题, 从五十年代开始就产生了一系列的程序设计语言。这种努力使电子计算机的应用遍及了国民经济各个领域, 从而成了本世纪科学技术革命的一个突出标志。

但是, 直到 1965 年出现小型计算机之前, 由于计算机设备庞大、资金昂贵、操作复杂, 故仍被很多人看作是一种科学珍品。小型计算机的出现, 使这种状况迅速得到了改变, 由于它造价低、体积小、灵活方便、不需要特殊的维护和运行环境, 受到了中小企业的欢迎, 显示了强大的生命力。小型计算机从功能方面来讲是通用机, 从应用方面来讲是专用机。它既可以作为专用系统的中央处理机, 又可以作为分时系统的终端机。它能应用于过程控制、数据处理以及科学计算等各种场合。下面我们就数据处理和过程控制这两种应用方式作些说明。

表 1-1

项 目	ENIAC	F8
体积	84.9m ³	0.0003m ³
功耗	140kW	2.5W
只读存储器	16K	16K
随机存储器	1K	8K
主频	100kHz	2MHz
管子	18000 个电子管	大规模集成电路
电阻	70000 只	无
电容	10000 只	2 只
继电器和开关	7500 只	无
加法时间	200 μ s	150 μ s (8 位)
平均无故障时间	数小时	数年
重量	30t	小于 0.5 kg

一、数 据 处 理

我们再回到用计算机管理一组(设为 N 台)电子秤的例子。图 1-2 是这个系统的方框图。电子秤通过光电码盘把秤上的行李重量转换成数字量,然后再通过输入接口与计算机联接起来。每台电子秤的所在营业窗口都设置有控制键盘,以便于操作人员设定到达站站名代码并向计算机发出请求运算的信号。计算机的处理结果经过输出接口进行打印制表和显示,或者经计算机分析后认为电子秤有故障时报警。这个系统中的计算机,表现为接收数据、分析处理数据并输出结果数据的一个中央处理机,它所输出的结果并不是进行控制的,因此,属于“数据处理”这一应用范畴。

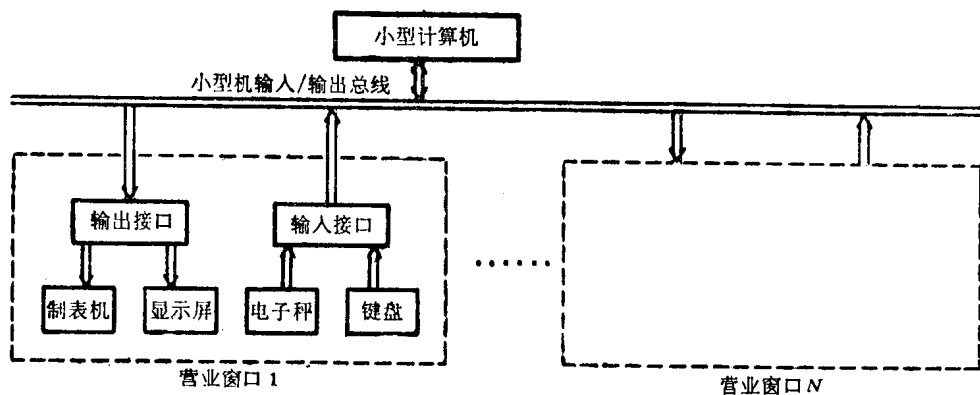


图 1-2 用计算机管理一组电子秤的方框图

从这个例子可以看到,对用于数据处理的计算机,它的三个特点都发挥了作用。首先,由于计算机的速度很快,可把 N 台电子秤看作是它的 N 个终端,实行分时控制。在每个终端只有秤、键盘、制表机和显示屏,运算和控制都由计算机来完成。第二,因为计算机是由存储在其中的程序来进行控制的,它具有各种判断能力,能对从各个终端发来的工作请求信号依次排队,逐个进行处理;另一方面,在处理的过程中,计算机能检查数据是否稳

定、可靠,并按照预先指定的数学算式进行运算。第三,由于它有很大的存储容量,可以容纳一张很“长”的“到达站运费单价目录表”以及各种程序和数据。这样,在终端窗口的营业员不必查阅到达站的单价,只要在键盘上设好站名代码,就可以让计算机取入进行查表了。像这样一类数据处理任务,在实际应用中是常常遇到的。简言之,数据处理系统是对数据进行收集、整理、综合并输出结果数据的计算机系统。图 1-3 是生产中的小型数据处理系统的一般方框图。

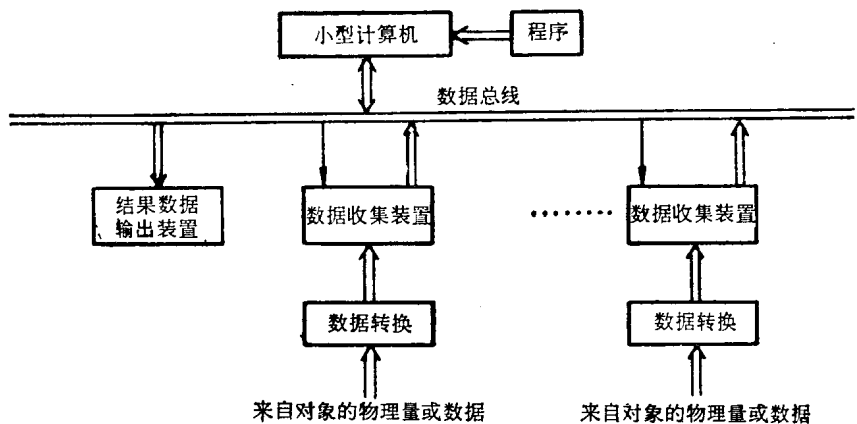


图 1-3 小型数据处理系统的一般框图

二、过程控制

1. 直接数字控制

直接数字控制是目前计算机在生产过程控制应用中的一种重要方式。为了说明它的主要特点,我们先来看图 1-4 所示的,用常规仪表进行的单输入-单输出调节系统。

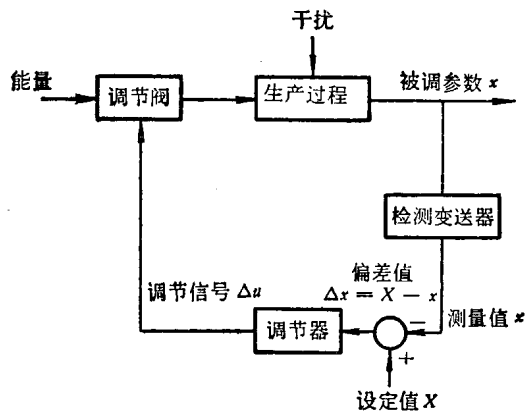


图 1-4 单输入-单输出调节系统框图

当生产过程中的被调参数 x 与设定值 X 之间存在偏差 $\Delta x = X - x$ 时,调节器输出一个相应的控制信号 Δu ,这个控制信号通常是对调节器的输入量 Δx 进行比例-积分-微分运算而产生的。当然,对于这里的模拟型调节器来说,这些运算是用电子放大电路来构

成的。 Δu 使执行器调整它的输出,以达到使被调量 x 向给定值 x^* “靠拢”的目的。对于一个具有许多被调参数的复杂过程来说,可以使用多台单回路调节器实现闭环调节。

所谓计算机的直接数字控制,就是仿照这种多台调节器的构成方法,用一台数字计算机配上输入和输出过程通道,对系统的多个参数实现闭环数字调节,如图 1-5 所示。对于高速计算机来说,这件事显然可以用分时方式来进行。

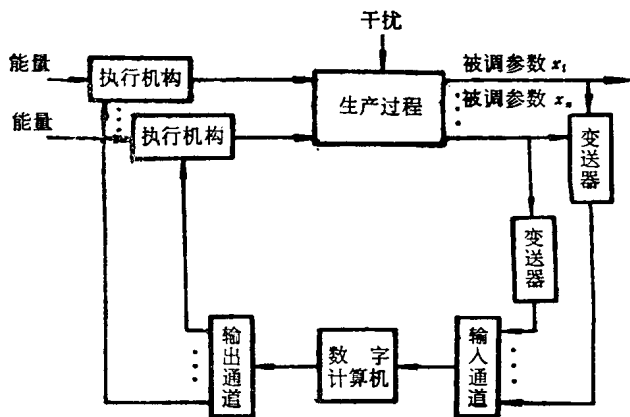


图 1-5 闭环数字调节系统框图

计算机直接数字控制往往显示出它的独特的优点。例如,对于某些组成部分之间耦合程度相当高的生产过程来说,常规的模拟调节往往并不理想,而计算机的运算并不局限于比例-积分-微分,对于已经找到合适的数学模型的过程,计算机参与控制常能比模拟调节系统得到更高的控制质量。

为了说明这点,我们来看一个例子*。设图 1-6 所示为某座生产氨的精炼炉的示意图,其中 T_1-T_5 是五排触媒管组, V_1-V_5 是五个燃烧嘴的控制阀。当被处理的化工材料连续流进管组时,我们应通过对燃烧嘴的控制,以维持管中温度为恒定值。如果在 T_3 这一排管组中,测出温度有偏差,则阀 V_3 显然应该动作,以使 T_3 中的温度回复到恒定值。但 V_3 的动作除了对 T_3 有影响外,还影响到管组 T_2, T_4 , 而管组 T_1 和 T_5 也会受到某些

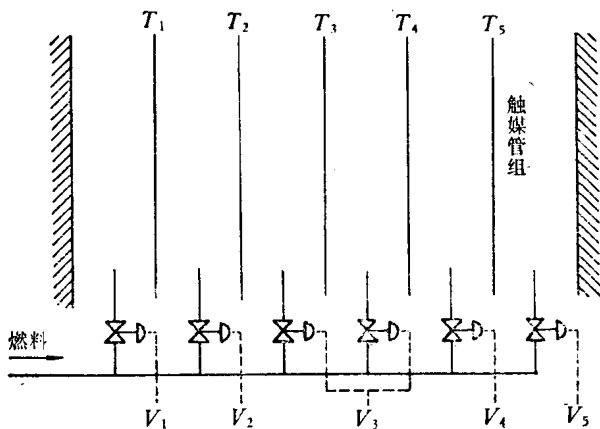


图 1-6 生产氨的精炼炉示意图

* 这个例子需要矩阵方面的基本知识,不熟悉的读者可暂不阅读。

较小的影响。我们看到,这是一个耦合程度较高的系统。为了在对某一个管组的温度进行补偿的同时,仍能保持其他各管组的原来状态,必须对各个控制阀门的输出量进行“协调”。十分清楚,对于这样的系统,用多个单回路调节器分别调节各个控制阀开度的方法,其控制效果是不十分理想的。为此,我们考虑下述的计算机直接数字控制系统:

首先,我们考虑任意一个控制阀的开度变化对各排管组温度的影响程度。由图 1-6 可知,当阀 V_1 的开度增加时,主要地将影响管组 T_1 ,使其温度上升,而对 T_2 的影响较小,对 T_3 的影响则可忽略不计。又如,当阀 V_3 的开度增加时,管组 T_3 的温度上升最多, T_2 及 T_4 次之,而 T_1 及 T_5 则最少。总之,我们可以把各个阀门的开度对各排管组温度的影响程度用一个方阵 $\mathbf{A}$ 来描述:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 2 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$\mathbf{A}$ 的各行分别对应各排管组,各列则分别对应各个控制阀。这样,第 i 行,第 j 列的元素,就表示了第 j 个控制阀开度的变化对第 i 排管组温度的影响。

在作出方阵 $\mathbf{A}$ 的基础上,我们可以推导出控制阀门开度的一组数学表达式,为此,再引进两个记号:

$$\Delta \mathbf{V} = \begin{pmatrix} \Delta V_1 \\ \Delta V_2 \\ \Delta V_3 \\ \Delta V_4 \\ \Delta V_5 \end{pmatrix} \quad \Delta \mathbf{t} = \begin{pmatrix} \Delta t_1 \\ \Delta t_2 \\ \Delta t_3 \\ \Delta t_4 \\ \Delta t_5 \end{pmatrix}$$

这里列向量 $\Delta \mathbf{V}$ 的各个分量表示了各个控制阀开度的变化量,列向量 $\Delta \mathbf{t}$ 的各分量表示了各排管组的温度变化量。由于各管组的温度变化是各有关控制阀开度变化的综合结果,所以,根据方阵 $\mathbf{A}$ 的物理意义,我们可以写出:

$$\Delta \mathbf{t} = \mathbf{A} \Delta \mathbf{V} \quad (1-1)$$

从对系统的温度进行定值控制的观点出发,各排管组的实际温度 t_i 可以通过温度变送器获得。因此,我们就可以算出该管组温度与给定温度 T 之间的温度偏差 $\Delta t_i = T - t_i$,并可通过 $\Delta \mathbf{t}$ 来求出各控制阀开度的变化量 $\Delta \mathbf{V}$ 。显然,在 (1-1) 式的两边同乘以 $\mathbf{A}$ 的逆阵,即可得到如下的控制算式:

$$\Delta \mathbf{V} = \mathbf{A}^{-1} \Delta \mathbf{t} \quad (1-2)$$

其中

$$\mathbf{A}^{-1} = \begin{pmatrix} 3 & -4 & 2 & -2 & 1 \\ -\frac{5}{2} & 5 & -3 & 3 & -\frac{3}{2} \\ 1 & -2 & 2 & -2 & 1 \\ -\frac{3}{2} & 3 & -3 & 5 & -\frac{5}{2} \\ 1 & -2 & 2 & -4 & 3 \end{pmatrix}$$

(1-2) 式就是这个系统的一个数学模型。为了对它有一个直观的了解,我们来看一个特殊情形:假设管组 T_3 的温度 t_3 偏低予给定值 T , 即 $\Delta t_3 = T - t_3 > 0$, 而其余各管组温度均未偏离给定值,也就是 $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_4 = \Delta t_5 = 0$, 这时控制阀开度的变化为

$$\Delta \mathbf{V} = \begin{pmatrix} \Delta V_1 \\ \Delta V_2 \\ \Delta V_3 \\ \Delta V_4 \\ \Delta V_5 \end{pmatrix} = \mathbf{A}^{-1} \Delta \mathbf{t} = \begin{pmatrix} 2 \\ -3 \\ 2 \\ -3 \\ 2 \end{pmatrix} \Delta t_3$$

这个式子意味着 $\Delta V_3 = 2\Delta t_3$, $\Delta V_1 = 2\Delta t_3$, $\Delta V_2 = -3\Delta t_3$, $\Delta V_4 = -3\Delta t_3$, $\Delta V_5 = 2\Delta t_3$ 。这就是说,由于系统的高度耦合,为了调整管组 T_3 的温度值而使阀 V_3 的开度增加 $2\Delta t_3$ 时,必须同时把阀 V_2, V_4 关小 $3\Delta t_3$ 以及将 V_1, V_5 的开度增加 $2\Delta t_3$ 。只有这样,才能使管组 T_1, T_2, T_4, T_5 的温度值不偏离给定值,而使 T_3 的温度又上升到给定值的附近。

图 1-7 示出了以 (1-2) 式为控制模型的系统方框图。各排管组的温度经变送器输入到计算机接口,计算机将各个 t_i 值取入后算出 Δt_i , 并由 (1-2) 式算出 ΔV_i , 这组控制输出量经接口和执行器变成各控制阀开度的变化量,从而实现了精炼炉炉温的闭环控制。与常规调节系统比较,这个系统的控制精度提高了六倍,显示了计算机过程控制的优越性。

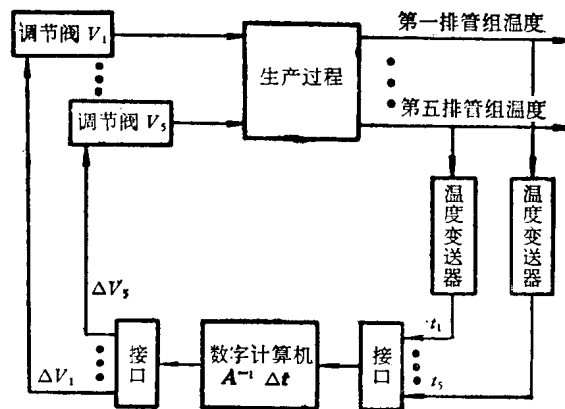


图 1-7 控制管组温度的系统框图

2. 最优控制

一个多输入-多输出的被控系统,可以看作是由三个部分组成的:被控系统本身,对被控系统施加控制的执行机构以及为了观察系统的某些状态而设置的量测机构,如图 1-8 所示。以一个化工生产单元为例,执行机构可以是一系列的阀门,量测机构可以是温度、压力、流量、液面等系统状态的传感器。对于这样一个多变量系统,由于对控制精度的要求较高,而系统本身及执行、量测环节都不可避免地会受到某些随机性的干扰,加上表征系统特性的若干参数还可能是时间的函数,因此,在用经典控制理论对它进行分析和控制时,会遇到难以克服的困难。然而,这一类控制任务又是迫切需要解决的。高速电子计算机的出现和现代数学方法的应用,使得问题的解决有了实际的可能。这样,在六十年代初,

便出现了以现代数学为理论基础,以数字计算机为主要实现手段的“现代控制理论”。这一理论一出现,就在航天、通讯、化工、冶金、电力等部门得到了成功的应用,显示了它的强大生命力。

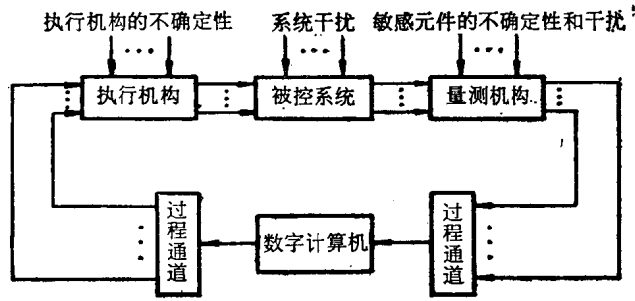


图 1-8 多输入-多输出的被控系统框图

现代控制理论虽然诞生至今不过二十年时间,但它发展迅速,内容十分丰富。从建立一个复杂系统的模型,即系统辨识和参数估计开始,一直到在系统的各个环节受到某些类型随机干扰的情况下,对系统如何实现最优控制的问题,都在进行着系统和深入的研究。

近年来,我国在现代控制理论的研究和应用方面,也不断取得新的成就。实践证明,由于应用了现代控制理论,使小型计算机在过程控制中充分发挥了它的潜力,控制质量大为提高,展示了计算机在工业生产过程控制中应用的光明前景。

第二章 小型工业计算机 JS-10A

第一节 JS-10A 机概况

一、主要性能

JS-10A 机是一种小型工业计算机。它和各种外围通道相配合,在计算机程序的调度管理下,可实现工业生产过程的自动控制或进行数据处理。

JS-10A 机的主要技术指标是:

- (1) 字长: 十六位。
- (2) 内存容量: 4096 字。
- (3) 运算速度: 每秒平均执行三万条指令。
- (4) 运算方式: 定点、串行、单地址。
- (5) 指令系统: 基本指令 15 条,微指令 22 条。
- (6) 中断系统: 程序中断方式,有四个中断入口,可扩充到六十四个中断入口。
- (7) 设备号: 六十四个。
- (8) 外形尺寸: $120 \times 480 \times 270$ mm。
- (9) 电源: 220 V, 100 W。

二、JS-10A 机的方框图

图 2-1 是 JS-10A 机的方框图,各个部件的名称已在图中标明,图中单线箭头表示数据或控制代码的串行传送方向,双线箭头表示代码的并行传送方向。

下面,我们结合图 2-1 把 JS-10A 机的主要部件简要介绍一下。

1. 运算部件

JS-10A 机的算术、逻辑运算都是串行的,运算器比较简单,包括通用移位寄存器 A ,带进位触发器的全加器 Σ_1 以及特征触发器 C 。

寄存器 A 是由 16 个 JK 触发器组成的移位寄存器。由图 2-1 可知,寄存器 A 能接受寄存器 H 、全加器 Σ_1 、面板 B 、中断寄存器 Z_D 、寄存器 A 自身、内存缓冲寄存器 MB 以及特征触发器 C 等任一部件中来的代码,并能接受外部设备通过总线送来的数据代码;另一方面,寄存器 A 也可以把它所寄存的信息传送到寄存器 H 、全加器 Σ_1 、寄存器 A 自身、内存缓冲寄存器 MB 、特征触发器 C 等任一部件中去,通过总线, A 中的数据亦可送往机外的某个设备。因此,寄存器 A 不仅是运算器的重要组成部分,而且兼有同机内其它许多部件进行代码传送或交换的功能,还可以作为与外部设备交换数据的接口寄存器。 A 的“通用寄存器”的名称就是由此而来的。