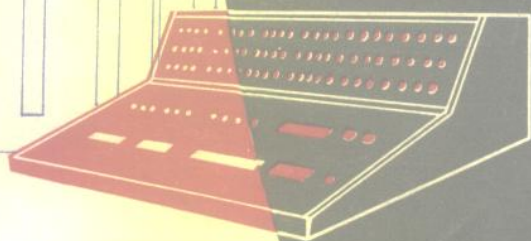


马桂祥 王泽涵 编著



电子数据处理机

中国铁道出版社

电子数据处理机

马桂祥 王泽涵 编著

中国铁道出版社

1981年·北京

内 容 简 介

本书具体介绍电子数据处理机的硬件系统，并且注意软、硬件结合的整机系统工作过程，使读者能建立计算机的整体概念。

书中除简述计算机的必要基础知识外，着重讲述数据处理方面的问题，即十进制运算和可变字长字符处理功能，以及整机系统的工作方式。

全书共分十章。第一至六章介绍码制及逻辑部件、指令和主机系统；第七、八两章介绍通道与中断管理；第九章介绍磁鼓、磁带、磁盘，即外存储器；第十章介绍输入、输出设备和通信控制设备的工作过程。

本书可供从事应用数据处理机的科技人员，计算机科学以及有关专业的大专院校师生学习及参考。

电子数据处理机

马桂祥 王泽涵 编著

中国铁道出版社出版

责任编辑 陈广存 郭宇

封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：18 字数：406 千

1981年2月第1版 1981年2月第1次印刷

印数：0001—5,500 册 定价：1.85 元

编 者 的 话

随着计算机科学技术的发展,电子计算机在国民经济各部门中得到了广泛的应用。近年来,我国使用电子计算机解决数据处理方面的问题,取得了可喜的成绩。在这一大好形势之下,广大从事数据处理工作者迫切要求学习和掌握电子数据处理机的技能,以便更好地为四个现代化服务。

目前有关电子数据处理机方面的资料不多,1977~1979年为了教学上的需要,由北方交通大学编写了教学讲义。本书就是在讲义的基础上补充修改而成的。在内容上,本书是面向硬件系统,讲述了数据处理机的结构及其工作原理,但也注意整机系统软、硬件的结合,以便使读者建立起整机概念和了解主机同外部设备在交换信息时的中断管理及其操作情况,更好地掌握电子计算机的功能。

为使讲义早日改编成书与读者见面,南京江苏无线电厂的王泽涵同志协助了本书编写工作,对原讲义的部分章节内容作了调整、充实和改写。

在本书编写过程中,得到了铁道部苗秋林、马国跃和济南铁路局曲光治等的支持,以及济南铁路局计算所和江苏无线电厂有关技术人员的具体帮助,北京铁路局董湘儒、马秀光等同志对本书的初稿提出许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

本书虽经一定的教学实践,但限于编者水平有限和时间关系,书中难免有缺点和错误,恳望读者提出批评指正。

马桂祥

1980年3月于北京北方交通大学

目 录

第一章 概述	1
第一节 数值计算与数据处理	1
第二节 电子计算机组成与结构	3
第三节 电子计算机的程序设计	10
第四节 电子数据处理机的特点	14
第五节 数据处理模型机的简介	16
第二章 数据及指令格式	22
第一节 不同进制的数码转换	24
第二节 十一十六进制的转换	30
第三节 通用机中数码的表示法	33
第四节 机器中的三种码制	36
第五节 数据机的数据格式	42
一、二进制定点小数的	42
二、二进制定点整数的	43
三、变字长十进制数的	43
四、固定字长逻辑数的	44
五、可变字长字符行的	45
第六节 数据机的指令结构	46
第三章 逻辑代数及逻辑部件	54
第一节 逻辑代数基本常识	54
第二节 逻辑代数基本定理	57
第三节 逻辑门电路的实现	61
第四节 集成电路的逻辑门	65
第五节 触发器原理	75
第六节 双极型的存储器	81

第七节 基本逻辑部件	85
一、寄存器与移位寄存器	85
二、二进制与十进制计数器	87
三、译码器	92
四、半加器与符合线路	93
五、比较线路	95
第八节 电子数据处理机的标准插件	97
第四章 运算方法及运算器	105
第一节 数据机的运算方法	105
一、并行、定点二进制加减运算	105
二、并行定点二进制乘法运算	108
三、可变字长十进制加、减运算	112
四、可变字长十进制乘、除运算	113
第二节 数据处理机的运算器	118
第三节 加速进位的方法	124
第四节 十进制数码转换器	133
第五节 加法器输入端与寄存器	140
第六节 信息的传送及校验	146
第五章 中央控制器	152
第一节 控制器概述	152
第二节 指令的执行及分析部件	154
第三节 程序状态字 PSW	159
第四节 工作脉冲及启停线路	162
第五节 控制方式及节拍	167
第六节 相电位及转相	173
第七节 指令系统说明	177
第八节 运控操作时间表	216
第六章 内存储器	244

第一节	内存储器的作用及组成	244
第二节	磁心存储信息原理	247
一、	磁心及矩形回线	248
二、	磁心的温度特性	251
三、	磁心的开关时间 T_s	252
四、	单颗磁心的信息存取	254
五、	多颗磁心的信息存取	256
第三节	三种制式存储方式	258
第四节	两度半存储器的特点	261
一、	内存储器框图组成	262
二、	磁心板的布线	267
三、	地址位线倒相	269
四、	时间链及时序脉冲	272
第五节	地址译码与驱动系统	275
第六节	地址寄存器及其控制	280
第七节	内存储器的检查	287
一、	比较检查	287
二、	正反方块检查	289
三、	下雨检查	291
四、	最坏布局检查	295
第七章	输入输出通道及指令	304
第一节	通道控制字 CCW	305
第二节	通道联结总线	309
第三节	输入输出指令	313
第四节	插入	328
第八章	中断与管理	343
第一节	中断系统	343
第二节	中断源及优先级	349

第三节	中断的响应及处理	352
第四节	输入输出设备的管理	364
第九章	外存储器及控制器	374
第一节	磁表面存储原理	375
第二节	磁表面记录方式	376
第三节	磁鼓及鼓面信息分布	381
第四节	磁鼓的读写控制	385
第五节	磁鼓的信息交换	391
第六节	零脉冲、同步脉冲的写入	402
第七节	磁带机及磁带	405
第八节	磁带的读写控制	408
第九节	磁带的信息交换	412
第十节	海明码校验	427
第十一节	磁盘存储器工作原理	431
第十二节	DSU181磁盘存储器简介	437
第十三节	磁盘控制器原理	441
第十章	输入输出设备及控制器	469
第一节	光电式纸带输入机	469
第二节	电容式纸带输入机	482
第三节	控制台打字机	485
第四节	宽行打印机	501
第五节	通信控制器	528
附录一	指令操作码一览表	556
附录二	控制台操作	558
附录三	常用符号	562

第一章 概 述

第一节 数值计算与数据处理

数量的概念，是人们生活中遇到的最为普遍的概念，它无时不有，无时不在，不管作什么工作的人，都要同数量打交道。

生产中产品的产量，生产增长速度，成本、利润、工资、价格、产品销售等等，都以数量作为一种表达的方式。

在自动控制过程中，例如导弹、航天、生产自动化等过程，调节的对象诸如电压、电流、气压、温度及流量等，都是以数量的形式反映出来，它们之间的联系或相关规律是通过一些数学关系式来表达（可能是近似的表达）。

同样，在自然科学的数学、天文、物理、化学、生物或工程设计中，为了探求客观变化的规律，从实际的模型出发，抽象出数量变化的关系，从而得到一些数学关系，如代数方程、微分方程、函数和概率过程等。运用计算方法求解上述自控过程、自然科学和工程设计中的一些问题，完全可以化为一系列数值计算，通过电子计算机可以求解出这些因素之间的关系，从而计算出高精度、高准确度的答案和实现自动调节与控制。

但是，数量的概念并不完全反映事物的本质。例如说某工厂去年生产了五十台电子计算机，人们听了觉得含糊不清，因为机器的特征、价格、规格和型号都未说清，更不清楚机器的质量如何。正是因为这个原因，产品的型号、规格以及质量等因素已超出了数量的范围，而进入到规格及质量

1109274

的范畴。

又如，情报资料的收集、分类、检索、存档等工作，接触到的是文献、资料、表格等等。它不仅包含数字、还遇到一些字母、符号和数字的混合编目。

由于上述原因，人们抽象出“数据”这个概念来。所谓数据，不仅包括数字，而且包含字母。如英文字母、汉语拼音字母等，同时还包含一些特殊符号，如=、≤、%等等，这些内容的组合就叫数据。

单个的数字、字母或特殊符号称为字符。

一串的字符称为字符行，或字符串。

数据就是字符行的组合。数据也可称信息。

从日常生活和工作中，不仅接触到各种数据，同时也伴随着要对各种数据进行处理。

其实，数值计算本身就是一种数据处理。

下面谈谈数据处理过程：例如，计划管理部门制订产品的生产、分配和销售计划，就必须对各种型号产品的社会需要量、各工厂的生产能力以及库存数量等有关数据进行了解。然后，安排各工厂进行生产，初步计划确定之后，又必须根据原材料的供应情况，社会需要量的变化，工厂生产能力的变化等因素来调整生产计划和分配计划，逐步做到生产和需求相一致，这样一种平衡的过程实际上就是数据处理的过程。

概括说来，数据处理就是对原始数据进行收集、分类、加工、整理、统计以及提供各种类型的结果和报告，最后存储起来或传输出去。

数据不同于数量，它们之间有着质的区别，而数据处理同数值计算也有着质的不同，具体表现在下面几点。

首先，数值计算中，接触到的都是数量，它们之间的关

系可用数学方程式来表达，而在数据处理中，则都是数据，即数字、字母及符号组成的字符行。

其次，从处理方法上看，数值计算中，一般则是初始数据量少，但计算比较复杂，经过反复计算最后得到的结果并不很多。而数据处理则截然不同，它的原始数据量大，并且杂乱无章，字符行长短不一，甚至有不少错误，而在处理中必须通过逻辑分析，尽可能的查出错误，加工整理，重新编排或缩减，然后进行统计和计算，所以说，大量的工作不是花费在计算上，而是花在对数据进行处理上。

最后，从应用的角度上来说，数值计算广泛用于科学计算、工程计算及自动控制部门，而数据处理则应用于计划部门、统计部门、行政和企业管理部门。对于银行、商店、仓库、售票、房租水电等公用部门也必然要遇到数据处理的问题。总之，凡是进行大量数据加工和整理的过程都属于数据处理的范畴。

尽管数值计算与数据处理有质的差别，但是共性的属性则是数字化，也就是说数据可以数字化，例如一个学生可以用一个学号来代表，工人可以用工作证号码代表，排发电报可以将每个汉字用四位数字来表示，还能将这些数字、字母和符号用二进位制代码来表示。这就表明，只要作出相应的规定，数据是可以用数字来表示的，特别是用二进制表示，因而对于数据处理也和对于数值计算一样，能够运用电子计算机来完成。基于上述道理，对于专门从事数据处理的电子计算机就叫做电子数据处理机。

第二节 电子计算机组成与结构

就电子计算机而言，它分为两个独立发展的系统，那就是电子模拟计算机和电子数字计算机。电子模拟计算机是以

连续不间断形式的电压（幅度）代替被计算的数值作为电子线路的输入量，而输出量也是不间断的电压（幅度）变化量。又由于这类机器能够模拟被研究对象或题目中特性曲线及数学方程曲线，为此称它为电子模拟计算机。电子数字计算机的输入和输出的物理量则是以间断形式的电压来表示，也就是以电脉冲（象人的脉搏跳动）的个数或电位阶梯跳变的次数代替被计算的数值，以达到计算和控制的目的。机器对电脉冲个数的计算就等于对数字进行计算，它相当于在算盘上对算珠进行运算一样。因此称这种用离散量作用的机器为电子数字计算机。通常所说的电子计算机习惯上指的是这种数字计算机，而为了区分两者，则电子模拟计算机采用全名称。

就电子数字计算机来说，它包含两部分内容。其一是机器系统，即组成计算机的任何机械的、磁性的和电子的装置或部件均称为硬件，或叫硬设备。它是着重研究电子计算机整机的逻辑设计和电子设备的制造等问题的。其二是程序系统，也叫做软件或软设备。它是为了用户方便和充分发挥计算机效能的各种程序的总称。它不同于普通的解题程序。作为软件来说，它是着重研究如何管理机器及使用机器的问题。软件可以简单理解为类似用算盘运算的口诀和算盘上位数的安排等等。更具体地说，通过软件作用来达到扩大机器职能和提高机器的使用效率。

就一台机器来说，硬件和软件是相互配合的有机统一体，偏重哪一方都是不好的。

一、电子计算机的组成

电子计算机是由主机、输入、输出和外存储设备等组成，如图 1.1 所示。所谓主机是指机器的运算器、控制器和内存储器而言的。为什么主机要由这几部分组成呢？为了说

明它的由来，还是由算盘算题谈起。通过算题人的眼、手及脑的活动，对给出的数据进行演算。在演算的过程中所得到的中间结果和最后的答案，为了便于查找和继续使用这些数据，都要记录在纸上，以免忘记。这个演算过程，除了以算盘作为运算工具外，还使用了笔和纸，并以演算者为主导来控制着演算的顺序。于是人们仿照上述演算过程构成了现在的电子计算机的规模和形式。它的组成就是，用一个能代替算盘作用的运算器；代替纸笔作用的记忆设备——内存储器；能代替人脑、眼、手作用的控制器。这三种设备就构成了计算机的主机部分。它是构成任何类型的计算机所不可缺少的部分。下面进一步解释它：

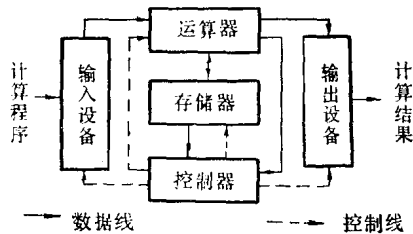


图 1.1

1. 内存储器：是为配合高速运算而设置的，所以叫内存储器。它的作用是记忆和存储信息及数据。目前国内使用的机器中大部分是磁心存储器，少部分是中规模半导体集成电路存储器。所谓磁心存储器就是由比芝麻粒还小的小磁环所组成的，利用很细的导线纵横穿过每颗磁心，再由几十万颗磁心组成一个存储体。在实际的机器中，都是将存储器的几十万颗磁心按十几颗或几十颗磁心划成一个个的小组，这些小组就叫存储单元，并将这些单元按顺序编号，就成了存储器的地址。这里划分地址顺序号的意思可用旅馆房间号来比喻。存储器的存储单元就相当旅馆的房间，房号相当于存储单元的编号，数据或信息相当旅客。旅客住进房间相当信息存入存储单元之中。找客人是按房号去找，由存储器中取数也是按地址号去找，否则是找不到的。房号永远不变，但

旅客是随时在变动。计算机的存储单元的编号不变，但数据则在存储单元中是要变动的。

磁心存储信息的基本原理是利用电磁感应和磁化剩磁的道理进行存入或取出信息的。

为什么主机非要有一个内存储器配属呢？这主要是从提高机器的使用效率的角度来考虑的。因为运算器的工作速度是相当快的，如果被计算的数据不能快速自动地源源不断供给运算器，那末运算器运算的速度再快也是无意义的。所以内存储器（以下简称内存）的作用就是把经常同运算器打交道的一些常用数据、指令和计算程序以及中间结果都存放在内存之中，以便缩短运算时间。它就像人们将常用的数据或电话号码记在脑子里一样，随用立即就有，不必花费时间去查找。

从存储信息的角度来看，存储的数据愈多愈好，解题的能力相对的就大些。相反，太小的存储量就不能存放大量数据，因而这类机器是解不了复杂的题目的。

为了解决存放更多的数据，采用设置外部存储器的办法来完成，这些外存储器如磁鼓、磁带和磁盘的特点是存取信息的速度是比较慢的，但其存储容量则是很大的，它好比一个大仓库。当机器运算时，中央控制器可以将主机需要的数据由外存调到内存中去，也可将内存中暂时不用的信息调到外存中来存放。

2. 运算器：它相当于算盘，在电子计算机中的运算器是由加法器及寄存器等设备组成。它的功能就是将送来的被计算的电脉冲保留下来并进行运算，就像算盘上拨弄算珠一样，不仅完成了运算，而且能将计算的结果保留在算盘上。

电子计算机的运算器是怎样运算呢？它就是由电脉冲的有无来控制的。通常规定有脉冲表示数字1，无脉冲表示数

字 0。由此得知运算器是只懂得 1 和 0 信息对它控制，或者说运算器只接受由 1 和 0 组成的信息。这个由 1 和 0 组成的信息就是二进位制的信息或叫二进制数码。

下面谈谈二进位制的概念。

不同数的进位，在工作和生活中是常遇到的，如计算时间，则是以 60 分钟为一小时，又 60 秒为一分钟；这都不是十进位制。目前电子计算机是采用二进位制来计数的，它是逢二就进一和由相邻高位借一当二的计数系统。那么这两个数码 1 和 0 怎样表示出千千万万个数值来呢？其实，二进制也和十进制是一样的。在十进制中，它应用了 0, 1, 2, … 到 9 这十个数码字，如果超过最大的数字 9 时，则要发生进位。例如九加一等于十，就不能用数字 0 ~ 9 来表示了，为此创造出一个新符号“10”来。这个符号有两重意思，其一是表示进位；其二是表示该数字是十。仿此，在二进位制中，在逢二进一时，也采用这个进位符号“10”来表示，它也有双重意思，其一是表示发生了进位；其二是在二进位中此数字为二。请看下面几例就更容易理解了。算式是二进位制。

【例一】

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 1 \\ \hline 10 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{—— 相当十进制 1} \\ \text{—— 相当十进制 1} \\ \text{—— 相当十进制 2} \end{array}$$

【例二】

$$\begin{array}{r} 10 \\ + 1 \\ \hline 11 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{—— 相当十进制 2} \\ \text{—— 相当十进制 1} \\ \text{—— 相当十进制 3} \end{array}$$

在例一中，由于是 1 加 1，这在二进制中就要逢二进位，所以进位的 1 要进到相邻高位上去，本位上为 0。这个 10 就表示发生了进位，从数的意义上看，它就是 2。在例二中，十进制的 2 加 1 为 3，在二进制中则用 11 来表示，因为这里的

两位上都未发生进位的情况。在 11 的基础上再加 1 就应得 $11+1=100$ 。

运算器的运算也是基于这个道理来进行的。

运算器是由全加器组成，一般机器都有 16 位或更多些。

3. 控制器：它是整个机器的中枢，占有很重要的地位。它是一个有规律按时间顺序产生电脉冲的脉冲分配器。当机器算题时，控制器就能按人事先安排好的程序来选择所需的数据，适当的时机来进行运算。控制器不仅有节奏的发脉冲，而且还能将这些脉冲组合成指挥机器自动运行的指令（即命令），控制机器正常运算。不仅如此，还能控制着内、外存储器及外部各种设备的信息相互传递等操作。

将上述三种设备有机地联成一体就构成了电子计算机的主机部分。但是只有主机还是不能进行运算的，因为机器要算的数据必须由外面送入。但是机器不会识别人所使用的数字和符号，必须将它们变成机器所能识别的形式，因此，需要设置一套输入设备来完成此项功能。与此相反，机器算得的结果人们又不易识别，所以还必须要有输出设备来完成。

由上述五部分设备组成的电子计算机系统就是图 1.1 所示的框图。

二、电子计算机的结构

计算机的结构，即系统结构，又称总体结构。它是用来说明程序设计人员所知道的那些系统属性。它描述系统的功能特性或概念性的结构，而不同于数据流程的组织、控制、逻辑设计和实际的执行情况。研究系统结构有利于实现部件标准化、品种系列化、结构积木化和应用系统化。

图 1.1 就是电子计算机的结构方框图，从图上可以看出：它是以中央处理机为中心进行设计的，即以运算器及控制器为中心组成的系统，也就是说信息的输入、输出及运算

都在运算器中进行。这种结构表明：信息量不大时，运算和信息传递可以串行工作的；它的控制条件简单，但运算速度提不高。

近年来，电子计算机的结构已有很大发展，改为以主存储器为中心，采用“总线”结构，如图 1.2 所示。这种结构有中央处理机、主存储器、通道、外存储器和输入输出设备。摆脱了图 1.1 所示那样的各种部件的信息流都要经过中央处理机、各大部件只能串行操作情形，从而使中央处理机和外部设备能同时操作，使速度加快。由于具有多个通道，可采用分时操作，使多个用户同时使用计算机。若结合数字通信线路和数据终端，还能使许多用户远距离使用计算机。

有些计算机，特别是小型计算机采用单总线式连接，即把中央处理机、存储器和各种外部设备都接在一条高速数据总线上，如图 1.3 所示。这样构成一个系统，使系统结构灵活，使小型计算机可根据不同用户的要求来方便灵活地选用不同存储容量的存储器和选用不同的外部设备。

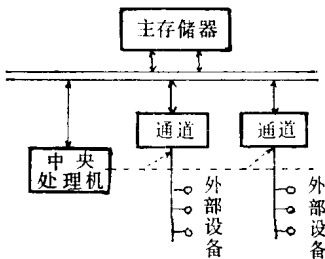


图 1.2

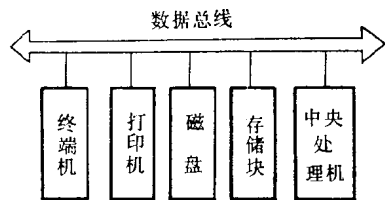


图 1.3

电子数字计算机自1946年出现以来，发展很快，从元件上来看，已经历了三个发展阶段，现正向第四阶段发展。第一阶段：以电子管为主要元件；结构上以中央处理机为中心进行组织；使用机器语言，人——机关系直接，而且紧密；