



电子数字计算机入门

王玉龙 编



科学出版社

电子数字计算机入门

王玉龙 编

科学出版社

1978

内 容 简 介

本书通过对电子数字计算机各基本组成部分以及电子数字计算机的某些新技术和发展趋势的简要讲述,使读者初步掌握电子数字计算机的基本工作原理,并对程序设计、程序系统及电子数字计算机的应用有一定的了解。全书分为六章,其中第一章至第六章介绍电子数字计算机的硬设备,第五章介绍电子数字计算机的软设备,第六章介绍电子数字计算机的应用。

本书主要对象是电子数字计算机的初学者,包括从事计算机元、部件生产的工人、计算机的使用人员以及非计算机专业的工农兵学员。

JS440/13

电子数字计算机入门

王 玉 龙 编

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

沈阳市第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978年4月第一版

开本: 787×1092 1/32

1978年4月第一次印刷

印张: 7 3/8

印数: 0001—70,200

字数: 167,000

统一书号: 15031·178

本社书号: 1011·15—8

定 价: 0.60 元

编 者 的 话

在毛主席的革命路线指引下,我国电子计算机事业发展较快,在不到十五年的时间内已经从第一代电子管计算机发展到第三代集成电路计算机,电子计算机在国民经济各部门的应用也越来越广泛,取得了良好效果。在这一大好形势下,广大工农兵群众迫切要求了解并掌握电子计算机,使电子计算机更好地为社会主义革命和建设服务。

本书的任务就是通过对电子数字计算机各基本组成部分的由浅入深的讲述,以及在此基础上对电子数字计算机的某些新技术和发展趋势的简单介绍,试图使广大工农兵读者初步地掌握电子数字计算机的基本工作原理,并对程序设计、程序系统(或称软设备)及电子数字计算机的应用有一初步了解。

因此,本书的主要对象是电子数字计算机的初学者,包括从事计算机元、部件生产的工人、计算机的使用人员以及非计算机专业的工农兵学员。对于即将从事电子数字计算机生产和科研工作的工农兵读者,本书仅起一个“入门”的作用。

本书是在原“电子数字计算机入门”讲座基础上编写的。在编写过程中,得到北京航空学院计算机专业的工农兵学员、领导和教员的支持与帮助,并参阅了“电子计算机展览”资料编写组等单位编写的有关资料,还曾去上海第八羊毛衫厂等单位参观、学习,得到工厂同志的热情帮助。全书由北京航空学院金茂忠、胡建平及清华大学程瑜荣等同志审阅,他们对编写工作提供了宝贵的意见。在此,对上还有关单位及同志表

示衷心的感谢。

但由于编者学习马列主义和毛泽东思想不够，业务水平有限，书中必定会有许多缺点和错误，恳切希望广大工农兵读者批评指正。

1976年6月

目 录

第一章 电子数字计算机的组成及数的表示方法	1
§ 1-1 计算机的发展概况	1
§ 1-2 电子数字计算机的组成	6
§ 1-3 电子数字计算机中数的表示方法	10
第二章 电子数字计算机的基本逻辑电路	28
§ 2-1 简单逻辑门电路	28
§ 2-2 逻辑代数的基本知识	35
§ 2-3 复合逻辑门电路	41
§ 2-4 双稳态触发器	50
§ 2-5 集成电路概述	64
第三章 电子数字计算机的基本逻辑部件	68
§ 3-1 寄存器	68
§ 3-2 计数器	75
§ 3-3 译码器	80
§ 3-4 全加器	82
§ 3-5 节拍脉冲发生器	88
第四章 电子数字计算机的工作原理	91
§ 4-1 运算器	91
§ 4-2 存贮器	104
§ 4-3 控制器	135
§ 4-4 外部设备	156
§ 4-5 电子数字计算机的整机	165
第五章 程序设计初步与程序系统简介	182
§ 5-1 计算方法的概念	182
§ 5-2 程序设计的基本方法	183

§ 5-3 程序系统(软设备)简介	194
第六章 电子数字计算机的应用	200
§ 6-1 应用概述	200
§ 6-2 电子包裹收寄机	203
§ 6-3 针织横机群控计算机	210
§ 6-4 飞机导航计算机	225

第一章 电子数字计算机的组成 及数的表示方法

尽管电子数字计算机能够自动、高速、精确地进行计算，但它仍然是按人们进行计算的最基本规律所构成，是人类长期生产实践斗争的结晶。电子数字计算机要自动地实现计算，它必须有哪几个基本部分组成呢？计算机中的数又是怎样表示的呢？下面我们先介绍一下计算机的发展概况。

§ 1—1 计算机的发展概况

在介绍电子数字计算机之前，有必要对计算机的发展作一概括了解，以便说明电子数字计算机的出现和发展决不是偶然的，而是人类在长期生产实践中，为减轻繁重的劳动和加快计算过程而进行斗争的结果，是生产和科学技术发展的必然结果。

毛主席教导我们：“人类的历史，就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史。”自古以来，我国劳动人民在计算技术方面就有很多的发明创造。早在春秋战国时代（公元前 770 年至 221 年），便已使用一些小棍摆成不同行列来进行运算，称之“筹算法”。唐朝末叶，我国民间就出现了算盘。算盘发明的年代虽难断定，但在南宋（公元 1274 年）时期就有算盘歌（口）诀的记载，后来流传到国外。算盘是我国劳动人民集体智慧的结晶。算盘成为世界上最早的计算工具，是我国劳

动人民对世界科学技术的重要贡献之一。

之后,在国外又相继出现了许多计算工具。1642年在法国制成了世界上第一台机械计算机,1654年出现了简单的对数计算尺,1878年制成了手摇计算机,以后又出现了电动计算机、卡片计算机、微分分析器等。

二十世纪四十年代中期,一方面是由于导弹、火箭、原子弹等近代科学技术的发展,需要解一些极其复杂的数学问题,原有的计算工具已满足不了要求;另一方面是由于电子学和自动控制技术的飞跃发展,为研制电子计算机提供了可能。1946年在美国制成了世界上第一台由程序控制的电子数字计算机。

计算技术在开始发展时就形成两个独立的发展方向,即模拟计算机和数字计算机。数字计算机是直接对“数字”进行运算。例如算盘,用算盘珠代表“数字”,通过对“算盘珠”的运算实现对数值的计算。因此,算盘可以看作是最原始最简单的数字计算器。模拟计算机则不是直接对数字进行运算,而是根据数学问题找出能“类似”实现该数学方程的“模拟系统”,在“模拟系统”中用长度、角度、电压、电流等连续变化的物理量的大小来代表数值的大小,进行运算,结果仍是物理量。例如计算尺就是一种最简单的模拟计算器;它用长度来表示数值的大小,通过对长度的“运算”求得数值的计算结果。按组成计算机的元件来分,数字计算机可分为机械式手摇计算机、机电式电动计算机以及电子数字计算机。模拟计算机同样可分为机械式、机电式和电子式三种。严格地说,“电子计算机”这一名称应是电子数字计算机和电子模拟计算机的统称,但由于当前广泛应用的是电子数字计算机,而模拟计算机除在实时模拟系统中应用外已基本上不直接用来作数值计算,故“电子计算机”已是数字计算机的简称。

自1946年以来,电子数字计算机的发展是极其迅速的,特别是在高速化、微型化、高可靠性方面有着显著的进展。近三十年来,电子数字计算机大约经历了四个阶段,通常称为“四代”。第一代,从1946年到1956年,是电子管数字计算机时代,计算机的基本逻辑电路是由电子管构成的,尽管现在看来这类机器体积庞大、耗电量大、维修复杂、可靠性差,但它却奠定了电子数字计算机的各种基本技术。1956年制成了由晶体管构成基本逻辑电路的数字计算机,进入了电子数字计算机发展的第二代,即1956年到1962年,称之为晶体管数字计算机时代。晶体管数字计算机较之于电子管数字计算机体积小,耗电小、可靠性高。电子数字计算机的第三代是从1962年开始的,称集成电路数字计算机。集成电路是采用半导体集成技术,把管子、电阻等元、器件和电路的连线集成在一块尺寸约为0.25毫米²到6.5毫米²的基片上。一块这样大小的集成电路可集成4到100个逻辑门电路,从而使机器大大小型化、功耗下降、可靠性进一步提高。电子数字计算机的第四代是从七十年代初期开始发展的,称之大规模集成电路计算机。一块大规模集成电路中可有100个以上的逻辑门电路;这样使计算机的微型化、低功耗、高可靠性成为现实。

电子管、晶体管和集成电路数字计算机中所采用的基本逻辑电路之一——触发器的外形见图1-1所示。

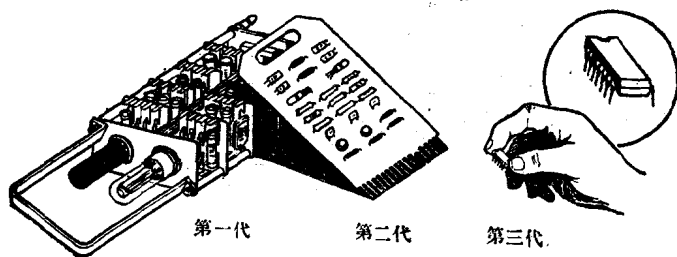


图1-1 “三代”触发器外形

我国电子计算机事业,在伟大领袖毛主席提出的“**鼓足干劲,力争上游,多快好省地建设社会主义**”总路线的指引下,发展很快,从无到有,从小到大,从仿制到自行设计,仅在十几年的时间内就从第一代电子管数字计算机发展到第三代集成电路数字计算机。在大跃进的 1958 年,试制成功我国第一台电子数字计算机和第一台模拟计算机,填补了我国计算机工业的空白。1959 年又生产了 DJS-2 型大型电子管数字计算机。自 1964 年起,先后在不少单位研制并生产了多种晶体管数字计算机,如 X-2, 441B, DJS-6, DJS-21, DJS-8 等型号。1971 年研制成功每秒运算速度为十几万次的 TQ-16 型集成电路数字计算机(见图 1-2)。1973 年研制成功了每秒运算速度为一百万次的 DJS-11 大型集成电路数字计算机(见图 1-3)。1974 年研制成功 DJS-130 小型多用途集成电路数字计算机(见图 1-4)。同年,还研制成功了 HMJ 系列大型晶体管混合模拟计算机。1977 年研制成功了每秒运算速度为二百万次的大型集成电路数字计算机和 DJS-050 微型计算机。电子数字计算机的系列化设计和研制工作正在加紧进行,不久将出现我国自行设计的系列机。

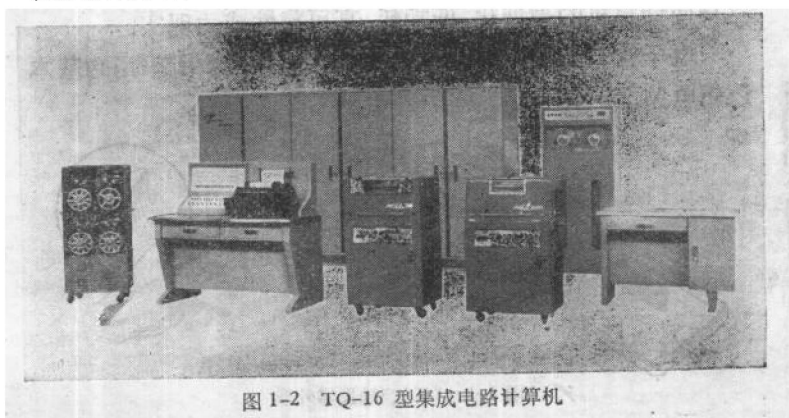


图 1-2 TQ-16 型集成电路计算机



图 1-3 DJS-11 大型集成电路计算机

作为电子数字计算机的一个分支——台式计算机，自 1972 年试制生产以来，在短短的两三年中发展是相当迅速的。据不完全统计，已生产的各种晶体管台式机、双极型和 MOS 型集成电路台式机的型号近百余种。我们不仅能生产一般台式机，而且能生产可输入程序的高级台式机，袖珍式计算机发展也很快（见图 1-5）。

从 1958 年以来，我国自行设计和生产了各种类型的电子



图 1-4 DJS-130 小型多用途
集成电路计算机

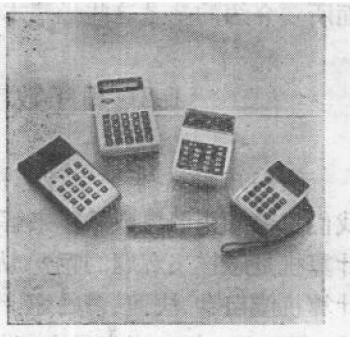


图 1-5 袖珍式计算机

计算机。这些计算机已应用于国防、工业、农业和科学技术等各个领域，取得了一定的成果。特别值得一提的是，1969年4月24日我国第一颗人造地球卫星发射成功其中就有我国自行设计的电子数字计算机直接参与工作。

不仅如此，目前我国电子计算机生产所需要的元、器件和材料已基本立足于国内配套，从事电子计算机研制和生产的专业队伍已经初步形成，这为今后的发展打下了良好的基础。可以说，我国电子计算机事业的形势一派大好，预计在今后若干年内，我国自行设计的采用大规模集成电路的各种类型的新系列机、超小型电子计算机、每秒运算几百万次的高速电子计算机将会陆续出现。正如毛主席所指出的：“**中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。**”在毛主席的革命路线指引下，我国电子计算机一定能够在不太长的时期内赶上和超过世界先进水平，为中国革命和世界革命作出更大的贡献。

尽管电子数字计算机的发展是如此的日新月异，但直至第四代为止，电子数字计算机的基本原理仍是1946年以后所确定的基本技术，即程序存贮方式和采用二进制的运算。下面所要介绍的就是这些最基本的原理。

§1-2 电子数字计算机的组成

我们知道，电子数字计算机是求解数学问题的解算工具。我们也熟知用笔算或珠算来解题的方法。那末，电子数字计算机是怎样来解题的呢？认识来源于实践，尽管电子数字计算机能自动、快速、精确地计算复杂的数学问题，似乎很高明，很神秘，但它毕竟是人们长期实践活动的总结，因而也脱离不了最简单、最原始的规律。只要我们考察一下人是怎样

做计算的，就可以明白电子数字计算机所必须具备的最基本组成部分。

假如用纸、笔和算盘来计算 $7 - 2.75 \times 2 = ?$ 这样一道简单的算题，对于初学者来说，计算过程大致如下：

第一步：根据给定题目，想好计算方法和计算步骤，并把计算公式、计算步骤、原始数据等写在纸上。

第二步：在算盘上进行计算，按先乘后减的原则先做乘法，求取中间结果 $2.75 \times 2 = 5.5$ ，写在纸上。然后在算盘上做减法，求得最后结果 $7 - 5.5 = 1.5$ 。

第三步：把最后结果 1.5 写在纸上，完成了这一道题的计算。

从以上计算过程可以看出，要完成这一道算题，必须具备：

1. 进行运算的装置。如算盘，算盘珠表示了数，在算盘上进行乘法、减法等运算。

2. 存放题目、计算步骤、原始数据、中间结果和最后结果的装置。如：纸张，在整个计算过程中，把需要记录的数据都“记存”在纸上，需要时再从纸上“取出”到算盘上。

3. 进行控制的装置。如：上述的计算都是在人脑的操纵下进行的，由手去执行。计算步骤、乘法规则……都是人脑“想好”的，算盘珠的拨动是用手去完成的。

电子数字计算机就是由运算器、存贮器，控制器等设备所组成，其组成框图如图 1-6 所示。

电子数字计算机的运算器能自动地进行加、减、乘、除等算术运算及其他逻辑运算。存贮器能记存计算步骤、原始数据、中间结果和最后结果。控制器能按照人事先规定的计算步骤或根据中间计算结果，自动决定下一步该怎样计算，用哪些数据，计算结果记存在哪里。输入装置和输出装置是实现人

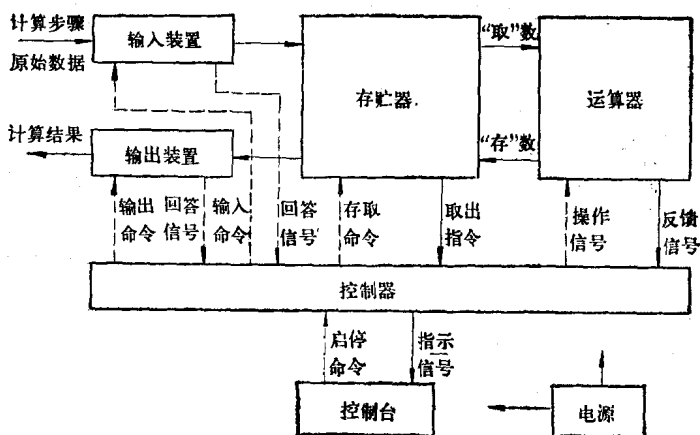


图 1-6 电子数字计算机的基本组成

与计算机之间的信息交换所必需的。输入装置好似计算机的听觉和视觉器官，把我们要算题目的计算步骤、原始数据等直接送到计算机的存储器内。输出装置则以我们能理解的形式，把计算结果等从计算机内取出，例如打印在纸上。

电子数字计算机除上述五个基本组成部分外，还必须有电源装置、控制台等。图 1-6 中，实线表示“数”的传送方向，虚线表示“控制命令”的传送方向。电子数字计算机的各组成部分的外形见图 1-7。

现在，我们仍然以 $7 - 2.75 \times 2 = ?$ 这道算题来说明图 1-6 所示的电子数字计算机的工作过程：

第一步：由输入装置将事先编好的计算步骤（或称计算程序），原始数据 7, 2.75, 2 输入到存储器存放起来。

第二步：由控制台启动计算机工作。在控制器的控制下，计算机按“计算程序”自动操作：

1. 从存储器取出乘数 2 到运算器。

• • •

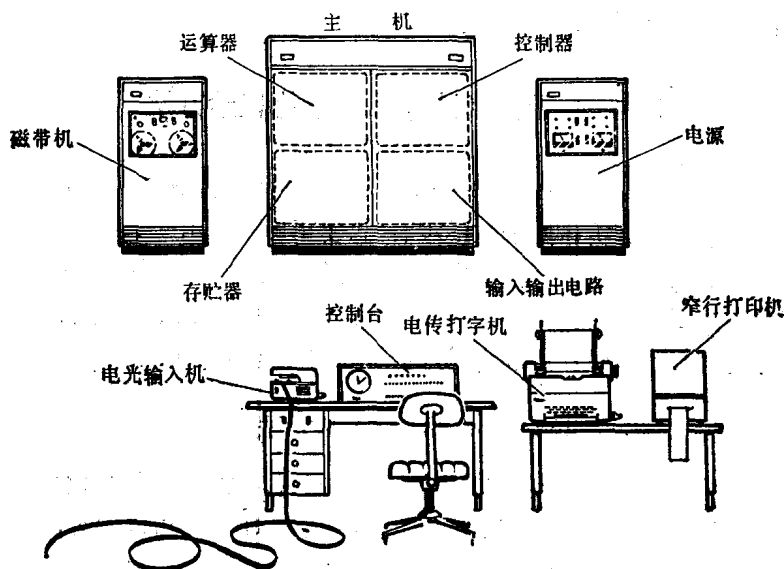


图 1-7 DJS-5 型电子数字计算机

2. 从存储器取出被乘数 2.75 到运算器, 进行 2.75×2 的乘法操作, 在运算器中求得乘积 5.5.
3. 将运算器中所算得的中间结果存入到存储器.
4. 从存储器取出被减数 7 到运算器.
5. 从存储器取出减数 5.5 到运算器, 进行 $7 - 5.5$ 的减法操作, 在运算器中求得减法结果 1.5.
6. 将运算器中所算得的最后结果 1.5 存入存储器.

第三步: 由输出装置将最后结果 1.5 打印在纸上. 本题计算完毕, 可以停机.

或许有人会提出这样一个问题: 在电子数字计算机中是怎样来识别 0, 1, 2, ……9 这样一些数字的呢? 又是如何把它们“存贮”起来的? 如何对它们进行“运算”的? 要回答这些问题, 首先需要了解电子数字计算机中所特有的数的表示法

法及其运算规则。

§1-3 电子数字计算机中数的表示方法

若有 $+2.75$ 和 -5.5 两个十进制数,试问在计算机中是怎样表示的?分析这两个数不难看出,要正确地表示一个数,无非是恰当地组合“数字符号”,正确地给出小数点位置以及正或负的符号标志。那末,在计算机中采用的是什么“数字符号”?数的小数点位置以及数的正、负号是怎样表示的?

1-3-1 数的二进制表示法

假如有人突然问:“10”等于多少?有人可能会不加思索地回答:“10”就是“十”。这样的回答对不对呢?可以说对,也可以说不,需要对具体情况作具体分析。

在生产劳动和日常生活中,我们最熟悉最常用的是十进制数,例如:“一千九百七十五”年就是用“1975”年来表示的。在十进制计数方法中,任意一个数可以用十个不同的数字符号0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9来组成,而且由低位向高位是“逢十进一”。所以,在十进制中,“10”就是“十”;“1975”实际是: $1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 5 \times 10^0$ 的缩写。

但是,日常生活中,并不都是采用十进制的。例如:一年等于十二个月,是十二进制;一小时等于六十分,一分等于六十秒,是六十进制;旧秤一斤等于十六两,是十六进制;鞋是以双计算的,一双等于两只,是二进制。

在电子数字计算机中,数是采用二进制表示的。在二进制计数方法中,只有两个数字符号“0”和“1”,而且由低位向高位是“逢二进一”。显然,在二进制中,“10”就不是“十”,而是二了。因此,“10”到底等于多少,这要看我们所指的是哪一