

电子计算机的原理和应用

电子计算机的原理和应用

首钢轧钢厂自动化连 编著

中国工业出版社

本书主要介绍了电子计算机的一般概念和基本原理，并介绍了电子计算机的程序设计等内容。

本书可供从事自动化技术的广大工人、技术人员阅读，也可供有关单位举办电子计算机训练班作教材用。

电子计算机的原理和应用

首钢轧钢厂自动化连 编著

只限国内发行

*

冶金工业部科技情报产品标准研究所书刊组编辑

中国工业出版社出版（北京四新路36号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092\frac{1}{32}$ ·印张 $4\frac{1}{4}$ ·字数110,000

1971年1月北京第一版·1971年1月北京第一次印刷

印数0,001—36,300·定价(科二)0.46元

*

统一书号：15165·4793(冶金-710)

前 言

无产阶级文化大革命以其雄伟的力量推动了我国生产和科学技术的迅猛发展。当前，在工业战线上，一场群众性的技术革新和技术革命运动正在深入开展。

和其他工业部门一样，电子工业战线上的广大革命工人，在毛主席“独立自主、自力更生”、“打破洋框框，走自己工业发展道路”的伟大方针指引下，彻底批判叛徒、内奸、工贼刘少奇的“洋奴哲学”、“爬行主义”等修正主义黑货，破除迷信，解放思想，使我国电子工业取得了很大的进展。

为了尽快地普及电子自动化技术，我们在厂革委会领导下，组成了以工人为主体的三结合自动化连队，并在讨论和学习怎样用电子计算机进行适时控制的过程中编写了这本小册子。全书共分为三部分：第一部分（第一、二章）概略地介绍一般概念。第二部分（第三、四、五、六章）介绍电子计算机的基本原理。第三部分（第七章）介绍程序设计是怎么回事。

由于我们活学活用毛主席著作不够，水平有限，时间仓促，所以本书在内容和写法上都有很多不妥之处，只能作为了解电子计算机知识的参考。

为了使这本小册子逐步完善，对读者有较大的帮助，诚恳地希望大家批评指正。

编 者

1970.6

目 录

第一章 计算机一般介绍	1
§ 1. 发展简史	1
§ 2. 计算机的特点	2
§ 3. 计算机的种类	5
§ 4. 主要组成部件和功能	7
§ 5. 应用情况	10
第二章 运算操作基础	12
§ 1. 数的表示	12
§ 2. 二进制的特点	16
§ 3. 不同进制数之间的转换	18
§ 4. 二进制的算术运算和逻辑运算	20
§ 5. 计算机是怎样进行操作运算的	23
第三章 基本逻辑线路	31
§ 1. 基本元件	31
§ 2. 基本逻辑线路的类型	45
§ 3. “或”门和“与”门	49
§ 4. 反相器(“非”门)	52
§ 5. 双稳态触发器	55
§ 6. 译码器	58
§ 7. 基本逻辑线路的几个应用例子	59
第四章 运算器和控制器	62
§ 1. 运算器的基本部件	62
§ 2. 定点并联计算机的加法和减法	69
§ 3. 定点并联计算机的乘法和除法	78
§ 4. 控制器的职能及其部件	86

第五章	內存储器	94
§ 1.	磁心	95
§ 2.	电流重合法的磁心存储器	99
§ 3.	磁心存储器	106
第六章	外部和外围设备	108
§ 1.	外部设备	108
§ 2.	外围设备	119
第七章	程序设计初步	130
§ 1.	数学模型、计算方案和框图	130
§ 2.	编制程序	136
§ 3.	程序的检查和上机	148
§ 4.	程序自动化是怎么一回事	151
§ 5.	135机指令系统	152

毛主席語錄

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结經驗，有所发现，有所发明，有所創造，有所前进。

第一章 计算机一般介紹

在这一章向大家简略地介绍有关电子计算机的情况，以便对后面各章的内容先有一般的了解。通过介绍，能初步地在头脑中有这样的概念，电子计算机有什么特点，它能干些什么？它大体上是怎么控制生产的？

§ 1. 发展簡史

毛主席教导我們：“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。”

我国劳动人民自古以来，在计算技术方面，就有着很多的发明和创造。例如，早在周秦时代就运用“算筹”（算子）来进行加、减、乘、除的计算，后来唐宋两代又有不少人总结了过去的经验，使乘除法得到简化，出现一种比“算筹”更灵活、使用更方便的算盘（珠算），并且有一套完整的口诀（加、减、乘、除，斤、两换算等等）。算盘成为世界上最早的计算工具，这是我們中华民族在计算技术领域内的辉

煌成就和贡献。

生产力每向前发展一步，对计算工具和计算技术的要求也就提高一步。计算技术就是在生产实践的直接推动下发展起来的。

计算机开始是用机械装置来做的。大约在十七世纪，有人用机械装置做成了加减法的机器，接着有人用齿轮等做了不仅能作加减法，还能作乘除法运算的机器。1878年做成了手摇计算机。1946年制造了第一架“ENIAC”型电子计算机，这架计算机用了18000个真空管，消耗100瓩的电力，同时体积也相当大，用现代的标准来衡量，既浪费又不完善。它的特点，是第一次采用了真空管，计算速度比机械的计算机提高了几百倍。这就说明，采用电子装置来制造计算机，为计算机的发展，提供了一个新的途径。

在以毛主席为首、~~林副主席~~为副的党中央的关怀和领导下，在党的总路线的光辉照耀下，我国电子计算机的研制、生产和应用都取得了迅速的发展。经过无产阶级文化大革命锻炼的我国工人阶级正在攀登电子自动化技术的新高峰。速度更高、容量更大、性能更完善的电子计算机正在不断地投入运转。这是毛泽东思想的伟大胜利！是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利！是无产阶级文化大革命的丰硕成果。

§ 2. 计算机的特点

毛主席教导我们：“我们能够学会我们原来不懂的东西。我们不但善于破坏一个旧世界，我们还将善于建设一个新世界。”

电子计算机在近二十年左右的时间内，为什么发展得比较快呢？就计算机本身因素来说，是由于它有下面的特点：

一、計算的速度快

一个人如果用算盘、算尺和台式计算机进行运算，每天从早算到晚，最多也只能完成几千次运算，按时间平均计算每秒运算不到一次。可是电子计算机每秒运算次数可达几万次，有的竟达数千万次，甚至上亿次。

二、具有邏輯判断能力

计算机可以对两个数进行比较、判断和选择，这就为它控制生产或进行各种“适时控制”，提供了条件。

三、有記憶的能力

计算机可以记录计算结果和原始数据，象人的大脑那样，能记忆数据或信号，也称为有“存储”的能力。计算机的存储数量称容量，一般存储数量都在几千、几万以上，多的可达上千万或上亿。

四、精确度高

计算机的精度，可以根据使用时的需要设计机器。其精度可由千分之几到百万分之几。

影响精确度的因素是很多的，其主要因素有：

1. 机器的字长；
2. 原始数据的有效位数；
3. 运算公式（数学模型）的精度；
4. 运算程序的安排。

五、使用方便

可以用比较任意的方式输入和输出信号，如果把计算机和人做简单的形象对比，计算机的输入设备和性能，就好象人的眼、耳、鼻、舌、身一样，把看见的、听到的、感觉到的（也就是量测、接受到的）信号或数据，告诉给大脑，大脑在接受这些信号或数据的同时，就把它們存储起来。其输

出设备和性能，就象人的口、手、脚一样，根据脑子经过考虑或算好的结果，或对某个问题，采取某种措施和办法。例如，命令手拿笔写出来，或拿搬子拧螺丝，或打开开关，或叫腿走路等等。而电子计算机的输入和输出设备，都已经实现了机械化、电子化、自动化，所以使用起来比较方便，工作效率也很高。

六、可以自动的不间断的工作（包括转移、中断等）

计算机可以按照人事先给它规定或编排好的次序和内容，不间断地工作下去，一直到干完了或突然接到紧急任务先“中断”原来没作完的事，当这个紧急任务完成后，又自动地继续干原来没有完成的任务。由人事先给规定或编排好的次序和工作内容，通常叫做程序。机器就是按着这个“程序”自动地进行工作的。

七、通用性强

计算机可以计算各种类型的数学问题或工程设计问题。比方，对一个数进行开方，求一个方程的根，解线代数方程组，求一个函数的数值积分，解微分或偏微分方程。而且还可以进行数据处理，绘图和信息加工，语言文字翻译等等。

八、可以进行适时控制

由于电子计算机具有快速运算、判断比较和自动不间断工作等特点，所以它可以用来作为生产过程的自动控制。其控制的方式是：计算机接受被控制过程和影响过程的外界因素的各种（包括仪表量测到的）信号或数据，经过计算和判断，确定生产过程怎样才能满足要求或达到最佳状态，应该校正什么参数，然后再对控制装置（现有的仪表调节系统）发出相应的指令或“给定值”，也可以直接指挥现场的执行部件，如步进马达等去调节阀门。

在叙述了上述特点之后，值得说明的是：

1. 电子计算机所能表示数的范围是有限的；
2. 计算机是由人来控制和管理的，只能帮助人扩大创造活动，不能完全代替人。

§ 3. 计算机的种类

计算机基本上可以分成两大类：一是模拟计算机，或称连续式计算机；另一类是数字计算机，或称不连续式计算机。

关于连续和不连续的意思，我们可以举下面的例子来说明。

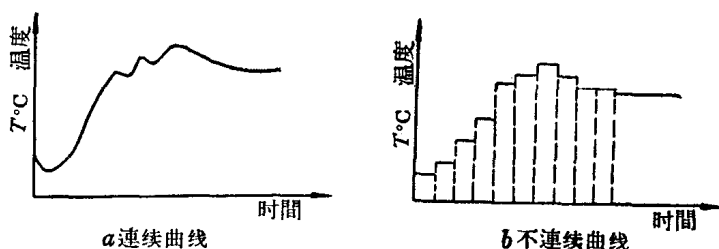


图 1—1 温度和时间关系曲线

图1—1a,这条曲线，是按照均热炉的炉温情况，由三针（记录仪）记录下来的，是连续的曲线。炉温上升是一点点连续上升上去的，到后来平稳、均热，最后出钢。但也可以按着一定时间间隔，把温度值列成一个数据表，这个数据表中的温度值，随时间的变化，就不是连续的。把这些数值也划在纸上，在所取的间隔时间内认为温度没什么变化，即取作平均值，划在纸上水平线，总的就成台阶式，如图1—1b所示，是不连续的。连续和不连续之间的关系，就图1—1来说，当

把图 1—1b 的时间间隔非常短时，则图 1—1b，也就接近图 1—1a 了。

模拟计算机，就不直接对数字进行运算，而是对一个数学模型问题找出它的模拟系统，用长度、角度、电压、电流等物理量的大小来代替数量的大小，得到数学式子的模拟方程，然后对模拟方程式进行计算，以取得由相当的物理量表示结果。我们常用的计算尺，就是一种简单的模拟式计算工具，它是通过对长度运算来完成数值的乘、除等运算的。又比如，QDZ 或 DDZ 型仪表中的运算器等都是一种简单的模拟计算机。

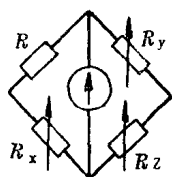


图 1—2 电阻电桥

图 1—2 的电阻电桥，也能用来作为乘法运算 $z = x \times y$ 的电模型。

因为当电桥平衡时：

$$R \times R_z = R_x \times R_y$$

如果把该电桥的四臂规定如下： R 为阻值不变的固定电阻， R_x 、 R_y 的电阻值分别相当于被乘数 x 和乘数 y 的值，于是 R_z 的电阻值就相当于 x 、 y 两数相乘的结果。

模拟电子计算机，是应用电阻、电容、电子管（或半导体元件等）以及旋转电机等构成的模拟式计算装置，以电压作为模拟变数，其精确度直接受工艺的影响。

数字计算机的计算方法和原理与模拟计算机截然不同，它是对数字本身直接进行运算的。例如，算盘就是一种简单的数字式计算工具，是用算盘珠代表数字，对算盘珠进行运算就是直接对数字进行运算。在台式计算机中，是用齿轮的一个个齿来代表数字的。

在数字计算机中就可以用继电器、电子管（或半导体等）

以及磁性元件等不同的物理状态来表示数字，也可以用电脉冲和不同的电位等稳定的物理状态来代表数字。在这种情况下对元件本身的精度要求就不如模拟计算机要求那样高，一般只要具有一定数量的明显表示的固定状态就可以了。例如，电流通或不通，继电器接点接通或断开，齿轮是否吻合等。同时表示数值的精度，并不直接受制造工艺的影响，只要增加机器内表示数目的元件数目，也就是增加机器表示数字位数的字长，就可以达到计算的任何精度。

数字电子计算机就其应用范围来讲，分为通用机和专用机两种。通用机可对各种类型的计算问题和生产技术问题进行计算和控制，应用的范围比较广。专用机则只用于某些方面。由于是专用的，因此设计机器时，就更容易满足使用的要求，使用时也就方便些。

按照电子计算机的使用目的，要细分，还可分为计算机和控制机。前者主要用于数值计算，后者主要用于适时控制或控制生产等。但两者的区分是相对的，而不是绝对的。因此对于控制机来说，不仅应该承担一定的计算任务，同时，因为它是用于自动控制系统中，成为系统中的主要部件，所以对整机的可靠性、稳定性要求更高些。它和一般的数字计算机比较，还要增添不少现场所必须的外围设备。

此外，数字计算机还可分为浮点、定点、一地址、二地址、三地址，以及大、中、小型等等，就不细说了。

§ 4. 主要组成部件和功能

数字电子计算机，通常最简单的可视为五大部件组成。其示意图见图1—3。

我们就简略地说一下这些部件的性能。

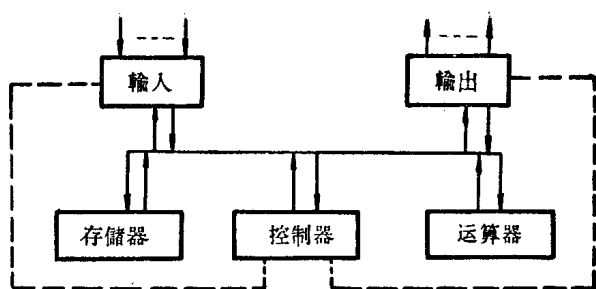


图 1—3 数字电子计算机示意图

一、存储器

存储器是存储数据和指令用的。当表示数据及指令的信号来到时，它就把它們保存或记（忆）住，需要时又可把它們输送出去。存储器内存放一个数或指令的地方叫做存储单元。存储单元（房间）的门牌号码称为地址。当一数或一指令从存储器内取出或送入时，控制器要先给出一个命令，从命令发出的时刻到将数或指令取出或送入存储器的时刻，需要一段时间，这段时间叫做存取时间，也叫做存取周期。存储器的容量和存取时间是两个重要的参数。

存储器的种类是很多的，例如静电存储器，磁心存储器，磁鼓存储器，延迟线存储器，磁膜存储器，磁盘存储器和光学存储器等等。

二、运算器

运算器是作算术运算和逻辑运算的。例如加法、减法、乘法、除法、逻辑加、逻辑乘、按位加、循环加以及大于、小于和是否相等比较。目前有的计算机还能直接用线路实现计算初等函数的运算，有的还可以并行（同时进行）加减法和乘除法的运算。

一般计算机的运算器，多由电子管或半导体等线路做成。

三、控制器

控制器能控制机器的每一个部分的工作，把存放在存储器中的指令变为计算机的动作。数字或指令从计算机的一部分到另一部分要经过一些“电子门”，这些“门”什么时候开，什么时候关，以及如何开法，都是由控制器来控制完成的。

控制器一般也是由电子管或半导体等线路做成。

四、输入器和输出器

输入器和输出器是计算机同人和现场之间的联系部分。由于这两部分是和人或者现场设备等直接接触的部分，所以这两个部分或系统的功能好坏，直接影响计算机使用的效果。

1. 输入器

输入器中，数字或脉冲输入，有纸带机、卡片机、磁带机等设备；也有模拟量（连续的物理量）、开关量等现场信号的输入装置。需要说明的是，不管现场的信号是温度、压力、流量、浓度和重量等任何的物理量，当传递给数字计算机时，都要转换成电信号，而且这些模拟量一定要经过模数转换，变换成数字量，机器才能进行运算和比较等工作。

2. 输出器

输出器中，有数字（八进制、十进制或其他进制）或文字的打印、制表、穿孔、显示、照象等设备。输出数据或信息，还可以直接存储到磁带、磁盘和磁鼓中。在输出系统中，如果是和现场相联系，自然也就和输入系统中的情况一样，要有模拟量输出和开关量输出，也有直接输出脉冲给现场的执行部件。

在输入和输出系统中，除了上述设备装置外，也有根据

需要和可能，装设其他设备。例如，为了直接输出曲线或图形，可有“静电印刷”、“火花输出”、“ $x-y$ 记录仪”等。值得强调一下，近年来出现的控制打字机或操作打字机，是有一定特点的。人可以通过它给机器信息（手按键码），机器还可以通过它输出信息给人（打印、制表、穿孔等）。因此它是人机之间通讯的装置。

§ 5. 应 用 情 况

电子计算机的应用范围很广，大致可把它的用途分为：

一、在数值计算方面的应用

电子计算机可以完成大量的和复杂的计算。由于电子计算机的运算速度快，从而使得原来用人工计算难以想象的一些计算问题得以实现。譬如，数值天气预报，要根据数学模型算24小时以后的天气情况。如果由人来算需要许多人用几个礼拜的时间，这就失去意义了。而用电子计算机算，只要个把小时就成了。

在水利电力系统中，开始应用电子计算机是较早的，如坝体应力计算、管路设计等。

在原子能、飞机、火箭、导弹、卫星等的研究设计、发射入轨道、跟踪观察、整理所获得的数据资料等一系列工作，更是必须要用电子计算机。就拿轨道的计算来说，必须非常准确和迅速才行。

二、电子计算机在信息加工中的应用

例如，电子计算机可以用来进行文字的翻译工作，以及文献卡片的分类整理等。

三、电子计算机在自动控制系统方面的应用

这方面的应用可以起到适时控制作用，目前已经进入一

个非常广泛深入的发展阶段。

在国民经济建设中，目前已经开始用于水力、电力、化工、石油、电讯、铁路交通运输、机械加工以及钢铁生产系统中。

随着电子计算机广泛和深入的应用，又进一步促进了电子计算机的发展。目前已由电子管、晶体管的水平，进入到集成电路和大面积集成电路，硬设备和软设备系统化的时代。计算机本身的性能和效率也有非常显著的提高。机器的可靠性，如连续稳定时间方面已由几十分钟、几个小时，进入到几十个、几百个、数千个小时。随着新的跃进高潮的到来，电子计算机必将在我们社会主义中国获得新的发展。