

电子计算机

C. A. 列别杰夫

科学出版社

TP3/0580

电子计算机

C. A. 列别杰夫著
范 懋 源 译
方 金

6172071

科 学 出 版 社

1957年8月

С. А. ЛЕБЕДЕВ
ЭЛЕКТРОННЫЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ
МАШИНЫ

Издательство Академии Наук СССР
Москва
1956

內容提要

电子计算机的发明是廿世紀科学技术的偉大成就之一，它在国民經济各部門获得越来越广泛的应用，對於今后科学技术的发展将起重大的作用。本書淺显扼要地介绍了电子计算机的基本原理和基本構造。最后一篇附录詳細介绍了編制程序的基本原理。本書內容适合一般科学工作者閱讀。

本書作者 С. А. 列別杰夫院士是苏联电子计算机方面的权威，原書是根据苏联科学院的決議而出版的。

电子计算机

С. А. 列別杰夫著

范懋源 方金譯

※

科学出版社出版 (北京朝陽門大街117号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第031号

北京新华印刷厂印刷 新华書店总經售

※

1957年8月第一版

書号：0867 印張：1 1/4

1957年8月第一次印刷

开本：850×1168 1/32

(京) 0001-1,675

字數：28,000

定价：(19) 0.28 元

目 录

序言.....	1
电子计算机的主要工作原理.....	6
数字和指令译成电码.....	11
电子计算机的主要设备.....	15
附录 編制程序的主要原理.....	27

序 言

在科学和技术中广泛地使用着数学方法，但是許多重要問題的解决要牵涉到大量的計算，而利用通常的計算机用人工进行計算，实际上不可能解决这些問題。电子計算机能以空前未有的速度进行計算，它的出現在利用数学来解决最重要的物理学、力学、天文学、化学等方面，引起了重大的变革。

現代的通用电子計算机能在一秒鐘内进行成千次的算术运算，可以代替几万名計算員的劳动。电子計算机在几小时內完成的計算量是一位熟練的計算員一生也完成不了的。电子計算机具有这样的計算速度，例如，它計算砲彈飞行的彈道的速度比砲彈本身的飞行速度还要快呢。

通用电子計算机除了能高速度地进行算术和邏輯运算外，还能在同一架計算机上解决各式各样極不相同的算題。这种計算机器是一种本質上完全新的工具，它除了可以大大地提高劳动生产率外，还可以解决那些曾經認為不可能解决的問題和算題。

在許多情況下，为了使得到的計算結果具有实际价值，必須十分迅速地进行計算。譬如需要可靠地預告明天的天气便是一个特別显明的例子。利用人工方法进行計算，可靠地預告一晝夜的天气，可能需要若干晝夜的計算才行。当然，以这样的計算速度，計算的結果就会失去实际的价值。如果运用电子計算机来达到这一目的，那末它就能完滿而及时地完成这一任务。

可以拿苏联科学院精密机械和計算技术研究所創造的快速电子計算机(БЭСМ)作为这类机器的一个例子(圖 1)。

这种电子計算机在一秒鐘內平均能够完成7—8千次运算。一台电子計算机能代替龐大的几万人組成的計算大軍，仅仅安置这

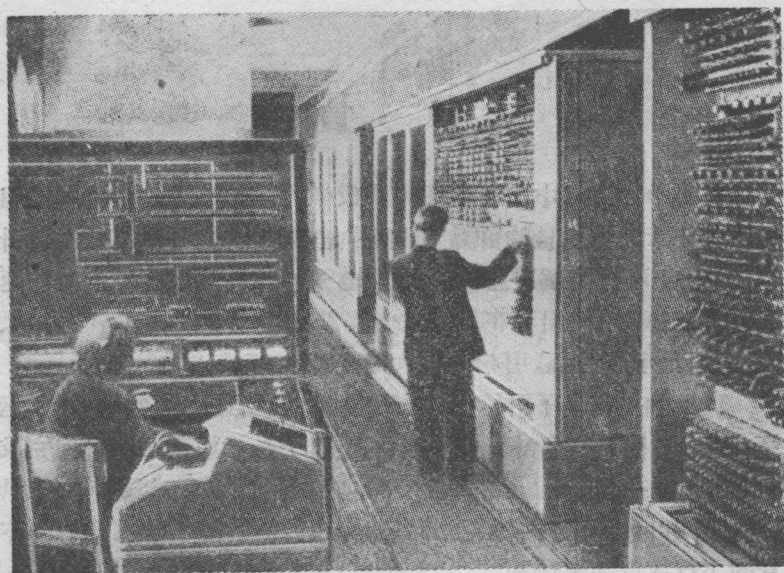


圖1 快速电子计算机全貌

些人就得几十万平方米的面积。

我們的电子计算机在运算的时候可以解决许许多多科学和技术部門的問題。因此,这种计算机能为国家节约数以亿计的盧布。下面举出几个例子。

电子计算机在几天之内为国际天文日历計算了將近七百个太陽系小行星的运行軌道,并且还考虑到了木星和土星对它們的作用。已經测定了这些行星今后十年中的坐标,並准确地計算出了每隔四十天它們所在的位置。在以前这种計算需要龐大的計算机构进行好几个月的工作才能完成。

在根据大地測量的資料編制地形时,必須解出有大量未知数的代数联立方程。有 800 个方程需要进行二亿五千万次运算的算題,利用电子计算机不到二十个小时就解出了。

电子计算机所計算出的許多表格可以确定最陡峭的、稳定的

溝谷和斜坡的輪廓。这样，可以在水力工程建筑方面節約大批材料和許多時間。过去解决这个問題时，仅只一个方案就使 15 位計算員化費了好几个月的時間还不能完成，而用电子計算机不到三小时就完成了十个方案的計算。

电子計算机可以迅速地檢驗屬於同一問題的大量方案，並且选出其中最适宜的一种方案。这样就可以确定例如最适合的桥樑机械結構、飞机机翼、噴气机噴口、渦輪机叶片等的最好式样。

电子計算机計算的准确度实际上是無限大的，因此，利用电子計算机可以迅速地計算出科学和技术所需的各种各样的表格。用快速电子計算机計算含有 5 万个弗列涅尔 (Френель) 积分数值表，一共只須一小时。

电子計算机除了解决数学問題以外，还可以解决許多邏輯問題。例如，电子計算机可以把一种語言的文章翻譯成另一种語言。在这种情况下，电子計算机中应当儲存着字彙代替字典和各种成語，而不是儲存数目字。

电子計算机將文章中的文字与“辞典”中的文字进行比較，就会找到所需要的字。然后电子計算机利用程序形式的語法和句法規則，把找到的字“編輯”，改变它們的格、数、時間等，再把它們安放到句子中的适当位置上。最后將得到的譯文印在紙上。为了翻譯順利必須有許多語言学家和数学家进行巨大而細致的工作来編制程序。

苏联科学院已經制造出一些試驗性的辞典和程序，把英文的科学技术文章翻譯成俄文，在 1955 年末並曾經用快速电子計算机 (不是專門为翻譯用的) 譯出了第一篇試驗性的譯文 (圖 2)。

为了用快速电子計算机試驗解决复杂的邏輯問題，曾經十分准确地解决了象棋比賽的問題。下象棋的时候，在电子計算机上把棋子記成分数。例如，国王棋子为一万分，皇后为一百分，車为五十分等。此外，棋局中各种布陣因素，例如，通路、双卒等也相应

When a practical problem in science or technology permits mathematical formulation, the chances are rather good that it leads to one or more differential equations. This is true certainly of the vast category of problems associated with force and motion, so that whether we want to know the future path of Jupiter in the heavens or the path of an electron in an electron microscope we resort to differential equations. The same is true for the study of phenomena in continuous media, propagation of waves, flow of heat, diffusion, static or dynamic electricity, etc., except that we here deal with partial differential equations.

ЕСЛИ ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА В НАУКЕ ИЛИ ТЕХНИКЕ ДОПУСКАЕТ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПОРЯДОКОВЫЕ.
 ВАЖНО ПОПОНАТО СЛОВОМ ЧТО ЭТО ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ ИЛИ БОЛЕЕ СЛОЖНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ.
 ЧТО ДЕЛНО РЕШАЮЩИМ ДВА СЛУЧАЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СОБРАННЫХ С СЛОВАМИ И РЕШЕНИЕМ.
 ТАК ЧТО АСТРА ОН ИЛИ ЗНАТЬ СЛУЧАИ ИЛИ СЛУЧАИ В РЕШЕНИИ ИЛИ СЛУЧАИ В
 СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ
 СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ
 СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ
 СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ ИЛИ СЛУЧАИХ

圖2 譯文試样

地記成分数。电子计算机經過多次嘗試,会选择出一个方案,經過一定次数的棋步,不論对方如何应战,可以得到最好的分数比值。但是,應該指出,由於配合的种类繁多,解决这一問題不得限制在棋步最少的試驗上,因此它不能考虑象棋的战略佈局。

电子计算机进行复杂的計算工作,它的速度非常之大,因而可以大大地节约腦力劳动,並且增加人类發揮創造的可能性,这將可以与採用机器生产代替体力劳动的成就媲美。当然,电子计算机只能按照我們事先确定了程序动作,它本身不能有所創造,因此,採用电子计算机的目的不是用机器来代替人,而是採用机器以

便大大地扩展了人类劳动的可能性。

在科学研究所、机械设计院和设计机关中广泛地利用了电子计算机，它为了解决国民经济任务创造了无限的可能性。

在苏联工程师和数学家们的面前开辟了进一步发展电子计算机的工作原理和改进构造以及进一步运用和操纵电子计算机的壮丽远景。

电子计算机是人类手中强有力的武器。对正在建设着共产主义社会的我国，利用电子计算机帮助人类认识自然和利用自然造福人类这一点来说，它们的作用将是难以估计的。

电子计算机的主要工作原理

现代的电子计算机是一套复杂的电子自动装置元件的组合。在电子计算机中有电子管、锗晶体元件、阴极射线管、磁性元件、光

电管、电阻、电容器和其他无线电工程上用的零件。

许多电子计算线路连接成计算设备(图3)，它以极高的速度进行各种算术运算。

为了保证很高的计算速度，仅仅只是迅速地进行数字算术运算是不够的。因此，在电子计算机中整个计算过程

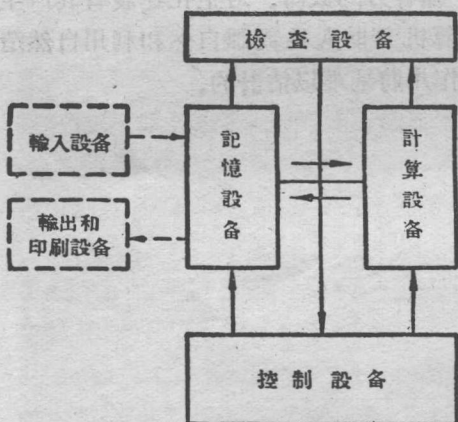


图3 电子计算机主要设备简图

完全自动化了。它会自动地选择所需的数字，自动地确定一定的数字运算程序。

运算的数字以及中间计算的结果应当保留在计算机内。为了达到这个目的，专门设有一种装置——“记忆设备”，它能够选择任何需要的数字，并且接纳计算结果。记忆设备的容量，也就是它能够保留的数字量，在很大的程度上，决定着应用电子计算机解决各种问题的灵活性。

从记忆设备中选取所需的数字；对这些数字进行运算；把计算结果发送到记忆设备和转入下一道运算，都是用电子计算机中的控制设备来操纵的。原始数据和计算程序输入计算机以后，控制

設備便保證着計算過程完全自動化。

在電子計算機上有專門的輸入和輸出設備，把原始數據和程序輸送到電子計算機內，並把得到的結果印在記錄上。

在用計算機計算時，必須肯定計算結果是否正確，也就是必須檢查所進行的計算。檢查計算是否準確，可以使用專門的檢查設備或者以相應的程序採用邏輯檢查方法。“兩手計算法”，也即是把兩次計算和所得結果相互對照，這就是一個最簡單的邏輯檢查例子。

在着手解決某一問題以前，必須了解所研究的過程的物理實質，把問題編成代數公式、微分或積分方程或其他數學關係式。採用經過很好研究的數字分析法，幾乎可以經常把這種問題的解決過程歸納成一定的算術運算步驟。因此，就是最複雜的問題都可以借算術四則加以解決。

在人工計算時，為了要完成某一算術運算，必須取出兩個數字來進行規定的算術演算，然後記錄所得的結果。在以後的計算中可能需要這些結果，或者它就是所求的答案。

在電子計算機中也可以進行這些運算。電子計算機的記憶設備分為許多網孔。所有的網孔都有編號，為了選取某一數字，應當指出保存這一數字的網孔號碼。

為了要完成某一算術運算，應當指出：從記憶設備中取出二個數字的網孔號碼；必須進行的數字運算的方式；送入所得結果的網孔號碼。這種用一定電碼表示的指示稱為“指令”。

例如：圖4中的指令表示：應當將記憶設備第17號和25號網孔中的數字相加，把所得結果放入第32號網孔。

手續電碼	第一個地址	第二個地址	第三個地址
+	17	25	32

圖4 三個地址指令的結構

解一个算题就在於依次地完成許多指令。这些指令組成計算程序，並且通常就保留在記憶設備里。

計算的程序就是指令的总和，它保證完成規定的解出算题所必須的各种算术运算步驟，它是由数学家們事先准备好的¹⁾。

許多算题本身需要几千甚至几亿次算术运算。因此，在电子計算机中利用着以較少的指令完成大量算术运算的方法。

在电子計算机中，除了进行算术运算的指令外，还有邏輯活动的指令。

指令-程序以及原始数据都記錄成电碼符号。通常在穿孔記錄片或穿孔記錄帶上用札孔的方法或者在磁帶上以电碼脈冲的形式进行記錄。然后，把这些电碼輸入电子計算机，並轉送入記錄設備，此后电子計算机就自动地完成規定的計算程序。

計算的結果又被記錄下来，例如在磁帶上記錄成电碼脈冲的形式。特殊的譯碼印刷設備把記錄在磁帶上的电碼变换成数字，並排印成表格。

現在研究一下某一指令在电子計算机上是怎样执行的(圖5)。在电子計算机上指令的电碼接收入指令記錄部分 $B3K$ 。电子交換机 $3K$ 把手續电碼 40_n 变换成适合規定的算术运算的輸出电路中的控制电压。这一控制电压通过控制設備 (YV_n) 为完成要求的运算准备計算机的电路。

为了選擇第一个数字，第一个地址的指令 41 电碼从指令記憶部分 $B3K$ ，沿电碼地址母線 $KIII A$ 傳送入記憶設備的控制部分 $Y3Y$ 。电子計算机的控制設備 YV_n 發出傳送这个电碼的信号。从被傳送的电碼的号碼相应的記憶設備網孔 $3Y$ 中选出第一个数字，並沿电碼母線 $KIII$ 进入計算設備 $4Y$ 。

从計算机控制設備 YV_n 發出相应的信号，开启計算設備的輸

1) 編制程序的主要原理在附录中敘述。

入电路。

以类似的方法选择第二个数字。计算机控制设备 YV_n 发出的信号把指令 A^2 的第二个地址的电码从指令记忆部分 $B3K$ 传送到记忆设备控制部分 $V3Y$ 。从记忆设备 $3Y$ 中选择出来的第二个数字沿电码母线 $KIII$ 传送到计算设备 AY 。

计算设备 AY 根据事先确定的手续电码完成规定的数字运算。

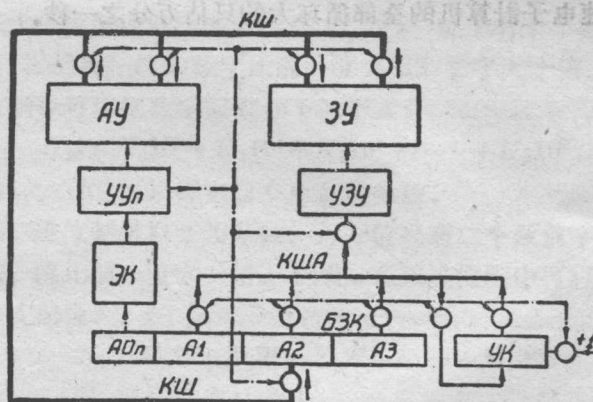


图5 电子计算机构造简图

为了将所得的结果传送到记忆设备，指令 A^3 第三个地址的电码沿地址的电码母线 $KIIIA$ 从指令记忆部分 $B3K$ 传送到记忆设备的控制部分 $V3Y$ 。这个电码的传送信号由计算机控制设备 YV_n 发出。按照采纳的号码选取记忆设备网孔，并开启其输入电路（选择或接受数字的动态由控制设备 YV_n 发出的信号规定）。计算机控制设备 YV_n 发出的信号从计算设备 AY 中将取得的结果传至电码母线 $KIII$ ，数字沿着电码母线进入选定的记忆设备网孔。

在电子计算机中设有指令控制部分 VE 以便选择指令。在这一部分规定所选择的指令号码。通常指令依其号码次序发出，因此为了规定下一个指令的号码，必须把在指令控制部分的数字中加1。这一步由控制设备执行（电路+1）。指令储存在记忆设备

中。为了选择下一道指令，从指令控制设备部分 JY_n 沿地址的电码母線 $KIII A$ 把新得的号码加入记忆设备部分 $J3Y$ 。这种傳送用的信号从计算机控制设备 JY_n 發出。从记忆设备 $J3Y$ 选取的新指令沿着电码母線 $KIII$ 傳送入指令记忆部分 $B3K$ ，其輸入电路由控制设备的信号开啓。这样就結束了计算机工作的一个循环。下一个循环中，电子计算机执行新规定的指令。

快速电子计算机的全部循环大約只佔万分之一秒。

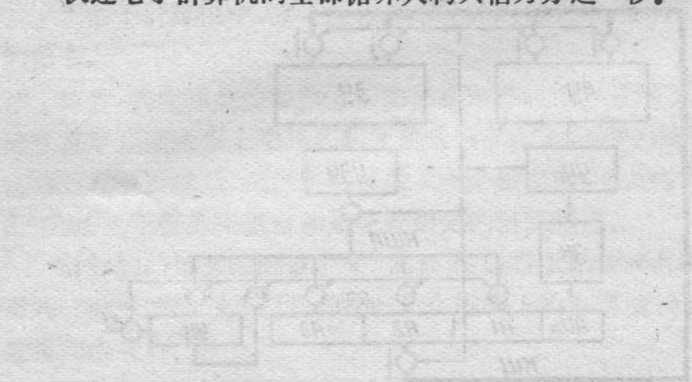


图 1. 计算机结构示意图

此图显示了计算机的组成。在顶部，有两个主要部分：指令控制设备（JY）和记忆设备（J3Y）。指令控制设备（JY）下方有一个子部分 JY_n。记忆设备（J3Y）下方有一个子部分 B3K。连接它们的是电码母線（KIII）。从 JY_n 发出的信号通过地址母線（KIII A）进入记忆设备（J3Y）。从 J3Y 选取的指令通过数据母線（KIII）进入指令记忆部分（B3K）。图中还显示了其他控制信号和反馈回路，构成了计算机工作的完整循环。

數字和指令譯成電碼

指令和數字在電子計算機中表現為電碼。在大部分情況下，採用二進位制代替普通的十進位制。

在十進位制中數字的基础是 10。每一位上有十個數目字：從 0 到 9。以後每一位的數字比前一位類似的數字大十倍。因此，在十進位制中可以把數字記成如下的形式：

$$N_{10} = K_0 10^0 + K_1 10^1 + K_2 10^2 + \dots + K_n 10^n,$$

式中 $K_0, \dots, K_n$ 可以採取自 0 至 9 的數值。

在二進位制里取 2 為基數。每一位只有二個數目字：0 或 1。以後每一位比前一位大一倍。因此，在二進位制中可以把數字按以下方式記錄：

$$N_2 = K_0 2^0 + K_1 2^1 + K_2 2^2 + \dots + K_p 2^p,$$

式中 $K_0, \dots, K_p$ 可以採取 0 或 1。

在二進位制中整數的次序按以下方式記錄：

二進位制 0 1 10 11 100 101 110 111 1000 1001 1010 1011 等。

十進位制 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 等。

依照一定的規則將數字從一種計算制度換算為另一種計算制度，並且可以直接用電子計算機按照一定的程序進行。

二進位制中數字的運算和十進位制一樣；只是應當記住，在任何一位中，兩個 1 相加得零，而把 1 移到下一位上。例如

$$\begin{array}{r} 1010 \\ + 111 \\ \hline 10001 \end{array}$$

二進位制的乘法和除法較十進位制簡單，因為乘法表僅限於乘 0 或 1。例如

$$\begin{array}{r}
 1010 \\
 \times 101 \\
 \hline
 1010 \\
 0000 \\
 1010 \\
 \hline
 110010
 \end{array}$$

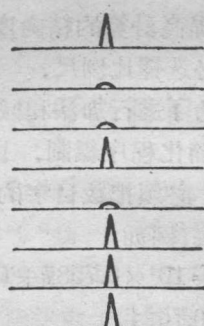
在大部分电子计算机中选用二进位制的原因，是二进位制可以使计算设备大大简化(主要是为了完成乘法和除法手续)，此外，便于代入每一位数字，例如，以接通或关断继电器的方式，在某一电路中加入或除去信号的方式等(在二进位制中每位数字只能有二种数值：0 或 1)。

二进位制每位数字可以表现为电路中出现或者消失信号，或者表现为继电器的一种状态。在这种情况下，每位数字都必须具有一条电路或继电器(图 6)，其数目等于位数(并联系统)。二进位制数字也可以表现为时间-脉冲电码的形式。在这种情况下每位数字在电路中经过一定的时间才进位一次(串联系统)。每一位数字通过的时间记号由整个计算机共同的同步脉冲作出。

电子计算机按照这些数字译成电码的原理分为二类：并联运算计算机和串联运算计算机。在并联运算的电子计算机中所有各位数字同时传送，并且每位数字需要一条电路。在串联运算的电子计算机中数字沿一条电路传送，但是传送时间与位数的多少成正比。因此，并联运算的电子计算机的动作较串联运算电子计算机为快，但是，需要的仪器数量较大。

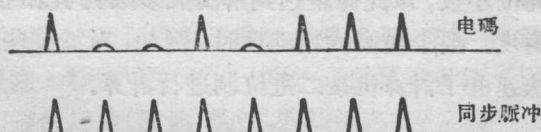
每台电子计算机都有一定的位数。一切计算中涉及的数字应当安排在各位数中，同时，当然应当考虑到区别整数和小数中间的小数点的位置。

在许多电子计算机中，小数点的位置是严格选择好的，这就是有规定小数点的电子计算机。通常小数点放在最大一位数字的前面，也就是在计算时所有数字都应当小于 1，选择相应的比例作



数字 10010111

并联电码系统



串联电码系统

圖 6 并联和串联电码系统

为保証。进行复杂計算时,事先很难确定計算結果的范围,所以不得不选择有余量的比例,因而降低了精确度,或者在計算程序中预先确定比例尺的自动变化范围,而使程序編制复杂。

在某些电子计算机中指示出每个数字的小数点位置——这就是估計到級次的电子计算机,或者像外国参考書中称它为带有“浮动”小数点的电子计算机。小数点的位置同样可以表现为数字的整数部分及其級次的数字,即

$$\text{十进制制} \quad N_{10} = 10^x N'_{10},$$

$$\text{二进制制} \quad N_2 = 2^p N'_2.$$

例如,数字 97.35 可以写成 $10^2 \times 0.9735$ 。將数目字列入电子计算机时,应当指出其級次及数字部分。这时,数字部分所有的位数可以充分利用,与数目的大小无关,也就是任何数目都可表现为