

整数型FORTRAN

——从计算机入门
到FORTRAN初步——

武汉地区电气传动自动化科技情报网
湖北省暨武汉市自动化学会自动化装置及元件专业委员会
武汉市自动化研究所 一室

整数型FORTRAN

——从计算机入门
到FORTRAN初步——

永井真茂 共 著
汤田幸八
王肃清 译

整数型FORTRAN

前 言

在高等工业院校低年级讲授计算机程序设计时，必须根据数学等学科的进度简化教学内容，才能易学易懂。不过讲授的语法不能变动过大，否则，今后学习实际语法时不仅没有参考意义，而且还有妨碍。

为了避免这一点，可在教学最初阶段将处理的数字局限在整数范围。这是以今后学习实际语法为前提的。为此，特从教科书中挑选出整数部分进行教学。将这部分内容集中成为一个册子，对于教与学都很方便。

以前没有作过这方面的尝试，缺乏相应的教科书。因此，我们不顾才疏学浅，冒昧刊行本书，切望专家们批评指正。

本书经过三年制电工、电子科二年级的教学实践，一课时（50分钟）的教学进度为3—5页讲义，全部内容中有三分之一左右可用于练习。

习题除第8章外，对低年级可能有一定难度。目前还没有必要进行全面修订。

如果授课时间不够，第8章内容可以删去。对程序设计感兴趣的学生可以选学其中具有一定水平的问题，以满足学习要求。

逻辑关系全部省略，这是从低学年、短时间的条件考虑的结果。但软件学习，即使是对非电子计算机专业的学生来说，也不能省略。

经验表明，尽管这种整数型FORTRAN的教学尝试还难以断言是成功的，但可以确信，至少它是一种教学方法。

本书草稿承日本UNIVAC公司米口、犬伏、田川，以及东芝电子计算机事业部白井、木下、伊藤诸君提出不少参考意见，并经过专家门校阅，对本书刊行给予了大力支持，特此表示衷心感谢，并切望今后继续指导。

1977年10月

著 者

目 录

1. 电子计算机

1.1 电子数字计算机	1
1.2 计算机的沿革	1
1.3 日本的情况	2
1.4 人类与10进制	2
1.5 机械与2进制	3
1.6 附 记	4
习 题	5

2. 计算机的构成与动作

2.1 计算机必需的要素	6
2.2 中央处理单元	6
2.3 输入输出装置	8
2.4 外部存储器	9
习 题	11

3. 计算机的程序设计语言

3.1 机器语言	11
3.2 汇编语言	14
3.3 编译语言	15
习 题	18

4. FORTRAN序论

4.1 前 言	20
4.2 整数与实数	21
4.3 FORTRAN使用的文字	21
4.4 四则运算与乘幂	22
4.5 编码专用格式纸	23
4.6 注解行	23

4.7 类型说明语句	2 3
4.8 算术赋值语句	2 5
4.9 WRITE语句与FORMAT语句	2 5
4.10 STOP语句和END行及继续行	2 6
习 题	2 7

5. DO语句与数组

16 世纪中叶

5.1 素数的判断与DO语句	2 8
5.2 DO语句的例题	3 0
5.3 费波那奇序列和数组	3 1
5.4 数组的应用与DATA语句	3 3
习 题	3 5

6. IF语句与GOTO语句

6.1 素数的判断与IF语句	3 5
6.2 IF语句的例题	3 9
6.3 IF循环与DO循环	4 1
6.4 READ语句	4 3
习 题	4 6

7. 算法与流程图

7.1 算法的意义	4 7
7.2 流程图	4 8
习 题	5 1

8. 应用举例

8.1 前 言	5 1
8.2 用计算机证明	5 1
8.3 数组小数的表示	5 4
8.4 平方根的求法	5 5
8.5 多位计算的程序	5 7
8.6 $\sqrt{2}$ 100位计算	6 0
8.7 圆周率100位计算	6 2
习 题	6 6

9. 语法归纳 66

10. 习题解答 75

1. 电子计算机

1.1 电子数字计算机

电子数字计算机英译为electronic computer, 不过译为digital computer更为确切。台式手动或电动的机械计算机英译为calculator。

十多年前, 两种计算机有着明显的差别。不久前, 台式电子计算机(日语俗称“电卓”)这种高级机种, 由于预先设定程序而且有连续进行一系列计算的功能, 从而取代了电动计算机。

真正的计算机, 直到最近, 才以美国IBM公司为首, 专门竞求高速度、大型化。数年前, 以小型化、价格低为特征的小型计算机(英文简称“Minicom”)得到了开发。美国DEC公司在制造与销售方面居于世界首位。目前在高级台式计算机和小型计算机之间还不难加以区别, 不过不久, 估计两者会完全连续起来。

显然, 正在发展中的计算机, 要给它下一个确切定义, 与其说困难, 不如说不适当。目前, “采用电子科学技术、具备非常高速度高精度进行复杂计算的功能、以及可以存储计算程序和大量数据自动进行计算的装置”已经出现。

计算机通过它的庞大存储容量和高速计算处理能力, 正在灵活地应用于文献检索、座席预订、工厂系统控制等方面。

1.2 计算机的沿革

纪元前的算盘abacus和17世纪发明的计算尺slide rule可看作是数字计算机和模拟计算机的始祖。

众所周知, 公认的第一台电子计算机ENIAC是J.P. Eckert和J.W. Mauchly于1946年完成的。总重量130吨, 使用了 1.8×10^4 个电子管。现在看来, 这是一台奇怪的计算机。物产丰富的美国在战时积累这些资材也是大费苦心的。

在此以前曾经有人设想过一种不用手指而能自动高速进行数值计算的装置。19世纪中叶C. Babbage在英国进行过试验。由于当时只能利用没有放大器的机械装置, 因此耗费了大量时间和巨额经费, 也只落得一个“计算机始祖”的荣誉称号。

1944年在美国继H. Aiken的Mark I以后, 完成了贝尔研究所的Mark II, 它们都用电话交换继电器作为计算机元件。尽管这种计算机的计算速度还很慢, 但它获得了相当的运行效果。

与Mark II相比, ENIAC的计算速度较快, 位数不同, 存储的数只有20个, 计算程序也只接近于半固定。可以说, 这是一种单能电子计算机。在它的刺激下, EDSAC(1949年英国)、Whirl Wind、EDVAC(1950年美国)等名称的计算机相继完成。

这些电子计算机应具备诺意曼(Dr. J. von Neuman)博士提出的万能计算机的条件。即

i) 具有 10^3 字以上的存储容量;

ii) 存储装置不仅应能存储数值,而且应能存储给定的计算程序(数值形式);

iii) 应能根据程序自动进行一系列计算;

iv) 满足以上条件后,机械内部采用2进制有利,这时的位数需要有40位左右。

以上条件逐步得到实现。

一进入五十年代,美国的UNIVAC公司、IBM公司等都把计算机作为商品进行生产。随着商品化的进展,计算机的名称也就由前述的固有名词变为各厂家的商品名称,如UNIVAC1050, IBM7090等。

随着晶体管工业的迅速发展、印刷电路的研制、磁芯存储器的实用化、输入输出装置的进步等等,使电子计算机得到急速的发展。五十年代初只能作为试制品的电子计算机,到了六十年代已发展成为电子计算机工业了。

1.3 日本的情况

战后不久,传来了电子计算机的消息。在战败恢复时期缺乏人力物力的情况下,有人发出了“作为一个国家至少要有一台”的呼声。今天,各个公司、官厅、研究所等单位都有一台到数台电子计算机正在运行,这是当时难以想象的。在物质极端缺乏和通货膨胀的当时,需要大量资材和很长时间的计算机,依靠国家之手也难以承担。

当时各厂商、大学、研究所等单位只是进行了研究,实际制作计算机却要晚得多。采用东北大学后藤所发明的参变元件的计算机1号,在战后十多年的1957年才完成。

1956年富士公司制成一台电子管电子计算机FUJIC,这是日本的初次成功。同年稍晚,电气实验所制成一台ETL—MarkⅢ,这是日本首次采用半导体的电子计算机。FUJIC、ETL—MarkⅢ这两台计算机的一部分现在陈列在东京上野科学博物馆展出。

1955年作为东芝的最初产品安装在东北大学的TAC1号,从安装到运行,花去了数年时间。

从当时到今天,又经过了十多年。现在日本拥有计算机台数仅次于美国,堪称世界第2位,科研和生产都很发达,但在技术和制造方面还不能说摆脱了落后性。就是说经过通产省的强力平衡,日本电气、富士通、日立、东芝、冲电气、三菱电机等大公司呈现出首位厂商的面貌,但是日本国内市场仍然约有一半为外资系统(主要是日本IBM)的公司所占有。

1.4 人类与10进制

任意三位数与它的逆位数之差必为99的倍数。证明:设*i*、*j*、*k*为0~9之间的任意整数,三位数为“*ijk*”(*i* ≠ 0)

逆位数为“*kji*”

取其差

$$\begin{array}{r} i \times 10^2 + j \times 10 + k \\ k \times 10^2 + j \times 10 + i \\ \hline (i-k) \times 10^2 + 0 + (k-i) \\ = (i-k)(10^2 - 1) = 99(i-k) \end{array}$$

这个解法的要点在着眼于10进制表示的数“*ijk*”的*i*为*i* × 10²、*j*为*j* × 10的意义。尽管我们可以毫无困难地随意使用10进制,但对10进制问题也还得稍加考虑。

假设我们使用的数在20以下而且是可以限制的,则很容易给全部数一个一个地写出符号和名称,这是很方便的。但是如果这个数达到数万而要一个一个地写出各个不同的符号和名

称,那就是一件大事了,即使写出来也难以记住。

利用10进制方法,我们可以很容易地使用超过亿兆的数。10进制的十个数符为

a) 0, 1, 2, …… 9 日本算法名称

b) i) 10, 10^2 , 10^3 , 10^4 为十, 百, 千, 万

ii) $(10^4)^2$, $(10^4)^3$, $(10^4)^4$, 为亿, 兆, 京。

由上可见,凡在 $10^4 \times (10^4)^4 - 1 = 10^{20} - 1$ 以内的任意数都可以称呼出来。

现在美苏及全世界所采用的10进制是根据人的手指数发展而成的。假如人的手指数是4,也许会产生4进制。假如是40,也可能采用40进制。

n进制中n太小,则表示同一数的位数必多。n太大,则会发生难以计数的困难。可见。n太小太大都不方便。尽管人们没有使n局限于10,但10这个数是合乎理想的。有人说如果有人没有小指头,也许会采用8进制,从而构成的计算机很简单。这样的想法大概是从打字员或钢琴手的角度提出的!

1.5 机械与2进制

前面谈到的都是从人的角度出发的。如果数的使用者不是人类而是机械,情况就不同了。

现在假设装有20个灯泡,通过灯泡的亮与灭来表示数字。为了简单,不采用熄灭全部灯泡状态来表示零的办法,也就是说必须使某个灯泡处于亮的状态。

图1.1所示的方法是最明显最好理解的表示方法。图中表示的86一看就懂。

这个方法表示的最小数是0,最大数是99,所以只能表示100个数。

如果“易看”、“易懂”不成问题,那么不拘泥于习惯的10进制表示法,用相同的20个灯泡,看能够最多表示多少数?

首先讨论一下8进制,如图1.2所示,最大数为 $3 \times 8^2 + 7 \times 8 + 7 = 255$,再加上一个0,合计为256,与10进制相比,提高两倍多。图1.2中表示的

表1.1

n	能表示的数
2	$2^{10} = 1024$
3	$2 \times 3^6 = 1458$
4	$4^5 = 1024$
5	$5^4 = 625$
6	$2 \times 6^3 = 532$
7	$6 \times 7^2 = 294$
8	$4 \times 8^2 = 256$
9	$2 \times 9^2 = 162$
10	$10^2 = 100$

数是 $2 \times 8^2 + 6 \times 8 + 5 = 181$,乍看一下,一般是不好懂的。

图1.3是用2进制表示的数,正好是1000整,对一般人员来说,难以理解。

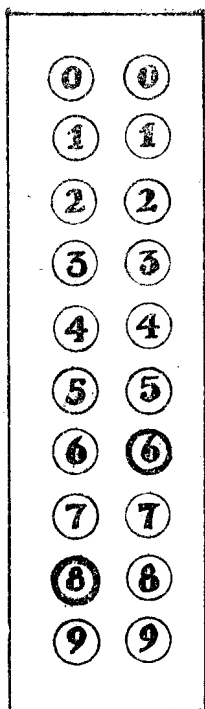
表1.1所示为n进制($n = 2 \sim 10$)通过20个灯泡所能表示的数。

由表可知, $n = 3$ 时,表示的数最大, $n = 2$ 、 $n = 4$ 次之。即使灯数不是20,但足够大,这个结果也不会改变,n愈能接近于自然对数的底 $e = 2.718281828$ 的整数,则最佳。这一点可从理论上予以证明。

制作计算机时,应尽量作到使用的元件少,表示的数字多,存储的容量大。由表中可知,应该采用3进制。由于还没有找到适用于3进制的元件,所以现在都只得采用2进制。

如果能用青、黄、红三色灯泡作为简单的显示元件,那么作为合适的计算机,首先就必

图
1.1
→



○表示灯亮

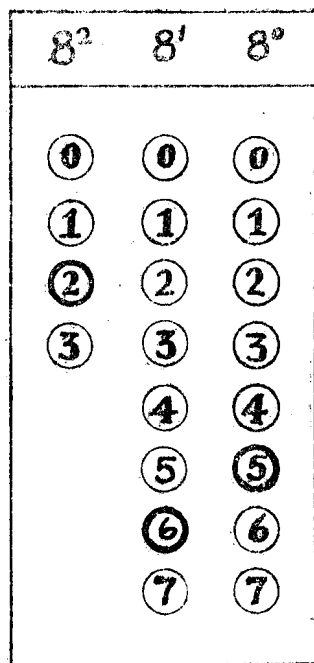


图
1.2
←

2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

图 1.3

需具有能够高速可靠进行数值读入、运算、读出等操作的装置。不过，如果得不到能构成这种装置的价格低廉的元件（如晶体管、存储装置用的磁芯等），就难以制成这种计算机。

有关 3 进制计算机的理论研究最近已散见于某些学会杂志上，不过还没有看到实际制作的事例。

1.6 附 记

元件数 N （设为足够大的数）可给定为 $N = m \times n$ 。如果用 N 个元件以 n 进制表示 m 位，则能表示的最大数 M 用下式给出。

$$M = n^m - 1 \approx n^m$$

设元件数 N 为一定, 如果 m 、 n 组合能使 M 最大, 则可得出 n 进制最有利的结论。

$$M = n^m = n \cdot (N/n)$$

设 $n^k = e^1$, 以 e 为底, 取两边的对数, 得

$$\log n^k = \log e^1$$

$$\text{故 } k \log n = 1 \log e = 1$$

亦即有 $n^k = e^{k \log n}$ 的关系。

$$\text{故得 } M = e^{(\log n) \cdot (N/n)}$$

以 n 对两边进行微分, 得

$$\frac{dM}{dn} = e^{(\log n) \cdot (N/n)} \times \left(\frac{1}{n} \cdot \frac{N}{n} - \frac{N}{n^2} \log n \right) = 0$$

$$1 - \log n = 0, n = e$$

习 题

1. 设灯亮为 1, 灯灭为 0, 问 20 个灯泡能够表示多大的数?
2. 会计上的长数为什么每 3 位打一个逗号?
3. 按日本读法如何读出下面数字?

999.....999

20 个

4. 整数的全部位数的和为 9 的倍数时, 证明原来的整数也是 9 的倍数。
5. a) 用 10 进制表示以下 2 进制的数
0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000, 10000
b) 用 8 进制表示以下 2 进制的数
0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000, 10000
c) 用 8 进制表示以下 10 进制的数
0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000, 10000
6. 以下算术式是什么数制的运算?
a) $10 + 10 = 100$
b) $1 + 77 = 100$
c) $101 \times 11 = 1111$
d) $170 \div 6 = 24$
e) $120 \times 21 = 2102$
7. 16 进制中用 A, B,F 表示 10, 11,15, 试以 10 进制来表示以下 16 进制的数。
2E, 3D, 2A3, 6F6, ABC, DEF

2. 计算机的构成与动作

2.1 计算机必需的要害

在微积分、行列式等高等数学中,实际求数值时的计算也是以四则运算的组合为依据的。计算机能够进行的运算就是这种四则运算。但是计算机能够发挥出超过人们数万倍至数百万倍的超高速的能力。不过在问题证明方面,如公式 $(a+b)^2$ 和圆周角一定这些简单问题的证明,说它不能,不如说它不受理。

计算机对任何复杂的计算都要按

$$R + M = A$$

的简单运算形式来进行。不过,符号“+”可根据四则运算的需要更换为 $-$ 、 $\times$ 、 $\div$ 。可见,计算机以及所有计算机都必须具有存放R和M数的寄存器、进行运算的机构以及给出运算结果A的累加器。在包括算盘在内的广义计算机中,根据具体情况的不同,或者R与A是共通的,或者靠人的记忆(也可记在纸上)来代替R或M。

下面用台式计算机进行 $(X^2 + Y^2) / (X - Y)$ 的计算。假定计算机是没有存储器的简单台式计算机。计算顺序可有多种。下面是其中的一例。

i) 计算 $(X - Y)$, 将结果记住或记录在纸上。

ii) 计算 X^2 , 同样将结果记录下来。

iii) 计算 Y^2 , 结果与 X^2 相加。

iv) 相加结果除以 $(X - Y)$ 。

如果 $(X - Y)$ 和 X^2 的计算结果不是记在纸上,而是通过键盘按钮将该数存入机械内部,必要时再接另一按钮从寄存器读出该数。有了这样的机构就大大便利了。这种装置称为内部存储器。不仅在计算机上,而且最近连台式计算机也都有了这种装置,从而成为高级产品。

台式计算机的内部存储器只有几个或十几个,计算机则有数K(Kilo原义为 10^3 ,由于采用2进制,故 $2^{10} = 1024$ 称为1K)到几百K以上。可见,台式计算机可以采用A存储器、B存储器的名称,而计算机就难以采用了。计算机的全部存储器由零开始一一编号,叫做存储器地址(address)。这种编号命名法的缺点就是存储器的地址名称和存储内容都是数字,对于初学者容易引起紊乱和错觉。例如在地址15中存储2600,在地址19中存储1940,求2600与1940两者的和,这时给机器发出的指令是“将19加在15上”。

2.2 中央处理单元(CPU)

试用某计算机按下列数值进行 $(X^2 + Y^2) / (X - Y)$ 的计算。

$$X = 10, Y = 2$$

首先将这些数值存入计算机的存储器。如果以适当方法将X值10存入12号地址,Y值2存入13号地址,则计算机的动作如表2.1所示。

假定该计算机有以下功能。

A) 运算机构

(1) 运算时首先将被运算数(如被除数)移到A寄存器,再将存入任意存储器内的数作为运算数(如除数),然后进行四则运算。就是说,前节中相当于R的寄存器,这里称为A寄存器,相当于M的寄存器则起到全部存储器的作用。

(2) 四则运算结果存在A寄存器。就是说前节中的R和A在该计算机中是共通的。

B) 控制机构

(3) 将数移至寄存器或存储器时,先前存入的数如果没有事先消除,也会自动清零。但送数的寄存器及存储器上原来的数仍然保存。

(4) 存储在A寄存器上的数可按指令或者存入任意地址的存储器,或者打印出来。

(5) 如果按压“START”键钮,则从存储在0地址的指令开始,到记入“停止”指令的存储器为止,按照地址顺序执行指令。如表2.1的举例所示,计算机不只是进行数的计算,而且在寄存器和存储器之间进行数的传送和打印。这些动作的进行,在专用术语上不叫做计算,而叫做执行(execute)。

现在假设没有(5)的控制机构,则要执行表2.1的指令,和台式计算机一样,必须一条指令按压一次键钮来进行操作。可见,尽管计算机的运算速度很快,但因操作时间(handling time)长,使得在整个计算时间上与台式计算机没有大的差别。

这一点可用(5)的机构来解决。通过灵活应用,将各种指令存入表2.1所示的由0号到11号地址的12个存储器,则按压“START”键钮后,随即可打印出结果来。

表2.1

地址	指 令	结 果
0	将(12)转移到 A	将12号地址的内容10送入A寄存器
1	由 A减去(13)	A寄存器减2得8
2	将A转移到14	将8送入14号地址的存储器
3	将(12)转移到 A	将12号地址的内容10送入A寄存器
4	A乘以(12)	A寄存器乘10得100
5	将 A转移到15	将100送入15号地址的存储器
6	将(13)转移到 A	将13号地址的内容2送入A寄存器
7	A乘以(13)	A寄存器乘2得4
8	将(15)加 到 A	将100加到A寄存器得104
9	A除以(14)	A寄存器除以8得13
10	将 A打印出来	将A寄存器的内容13打印出来
11	停 止	计算机停止计算

注:表中(12)不是数12,而是12号地址的内容,用括号()括起来表示。划有下线的部分是规定的,可以省略。

可见, 计算数值和计算程序都可以存储在计算机内部。这样的计算机叫做程序存储式计算机 (Stored Program Computer)。

第 1 章中谈到的是计算机诞生后设计出的几种方式, 今天看来, 只是一般计算机常识而已。

显然, 计算机能够存储的内容仅限于数字, 因此, $+$ 、 $-$ 、 $\times$ 、 $\div$ 以及“转移”、“打印”等指令全部都要变换为数字代码, 用数字形式来存储。最近的计算机都具有将 ABC……等文字、 $=$ 、 $()$ 等符号变换为数字代码来存储的功能。

通常, 计算机自动进行上述计算所必需的运算机构、控制机构、内部存储器三者构成一个整体称为“中央处理单元”或“CPU” (central processing unit)。

2.3 输入输运装置 (I/O)

在 CPU 内部存储器存储数字和指令的方法, 从使用者角度看, 用口说或写在纸上是最简便的, 但从机械构成角度看, 要能没有差错地判别出来, 不能说不可能, 只是经济上有困难。例如, 能够判别一定范围的数字的邮政号码读取装置, 价格近一亿日元。

就机械而言, 采用台式计算机那种依次按压数字键的方法, 即价格低廉而又准确可靠。依次按压 0~9 十个数字键的台式计算机方法叫做十键 (ten key) 方式。旧式电动计算机和手摇计算机每一位都具有 0~9 十个数字键或控制杆的位置。这种方式叫做全键 (full key) 方式。采用这种按键计算的方式, 使得计算机宝贵的超高速计算能力白白浪费了。

为此, 需要采用一个与 CPU 分开的脱机装置作为准备阶段, 类似打字机一样, 用按钮将数、文字、符号打在一定的卡片或纸带上 (参看图 2.1) 来进行输入。

这种输入方法不是在纸面上打印数字, 而是在机械容易判别的确定位置上打孔, 孔数和位置组合起来表示数、文字、符号等。孔的有无靠光源和光电管等检测器件迅速而准确地判别出来。打上孔的卡片或纸带全部集中装在与 CPU 连接的联机阅读装置上。

阅读装置使卡片或纸带在光源和检测器件之间高速通过, 在读出数、文字、符号的同时, 也就存储在 CPU 内部存储器上了。

显示 CPU 计算结果, 也是采用台式计算机一样的数字管 (nixie tube) 或发光二极管, 即简单又易看, 很方便。不过它只能显示而不能记录, 需要时还得抄写下来。人的抄写速度远远落后于 CPU 的计算速度。因此, 需要采用高速打印机, 使它与 CPU 进行联机连接, 自动打印出计算结果。小型计算机已采用这种方法。

中型以上的计算机采用这种方法, 尽管打印速度不够快而且设备价格昂贵, 但通过它可以使宽行打印机的高速印刷装置与 CPU 联机动作。这种印刷装置横排一行可同时印刷 124—135 字。

最近, 一种价格更高的能根据计算结果在纸上直接画图的绘图装置和在阴极射线管上描绘图形的 CRT 显示装置已经得到实际应用。

在不需显示而要再次读取所得计算结果时, 可利用与 CPU 联机连接的打孔机在卡片或纸带上根据计算结果打孔。

这种显示、打印、打孔的装置可看作是给出计算机输出信号的输出装置。

取时间很短的内部存储器。现在使用最多的是磁芯存储器，也有使用IC存储器的。

在处理大量统计数据或执行编译程序时，多数内部存储器的容量不够用。为此。可在CPU外部配备存取时间短、存储容量大、价格低廉的存储器，需要时与CPU联机连接直接取数，很感便利。

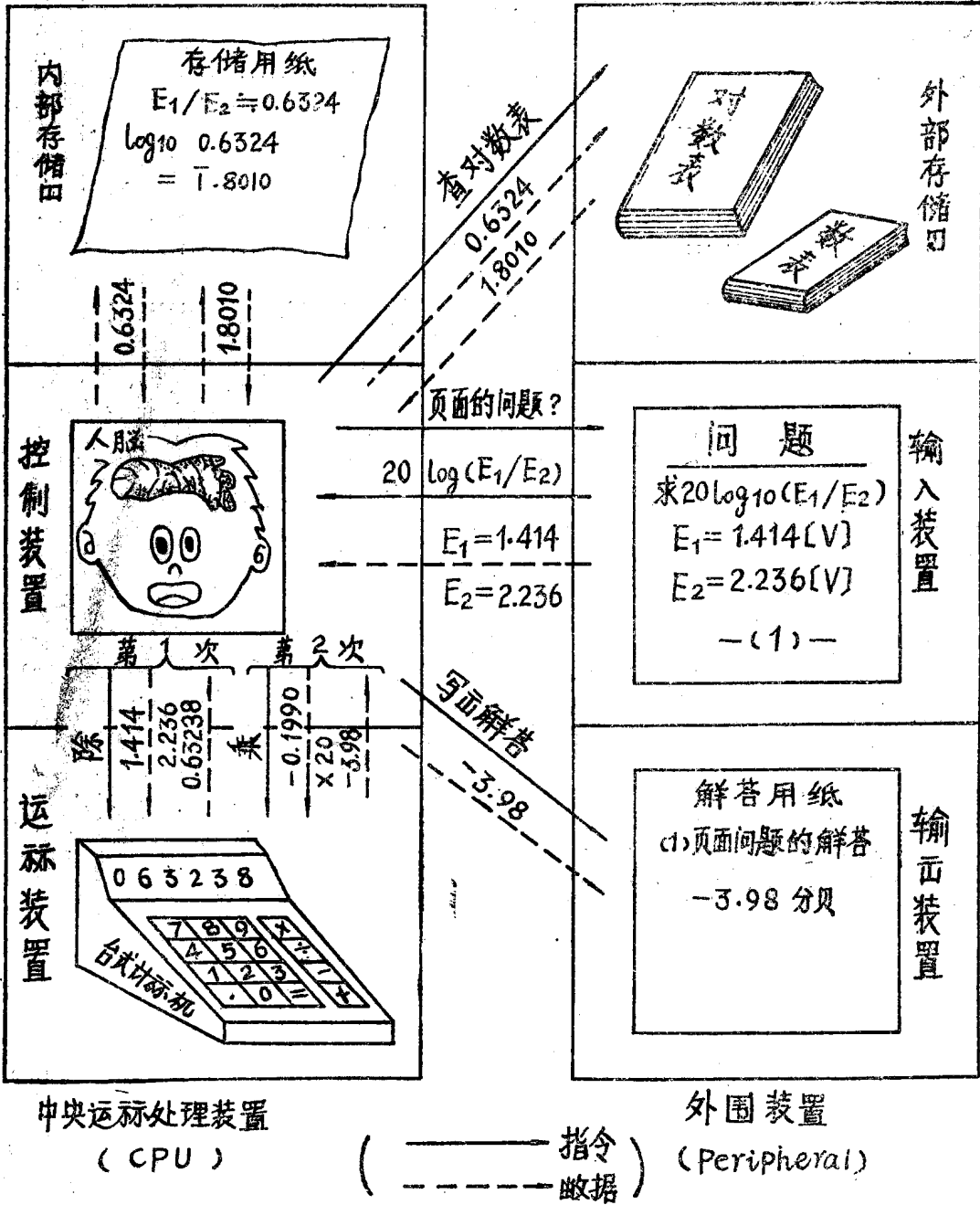


图 2.2

这种存储器叫做外部存储器。现在多数采用录音机的高级宽磁带（与VTR录象磁带一样的宽度，1.27cm）。磁带卷在卷轴上，通过机械可以将数据记入磁带予以保存。计算机能够直接阅读磁带，人眼却认读不出来，所以对人来说，并不方便。

高速旋转的磁盘存储器，在存取时间和价格上，介于磁芯存储器与磁带存储器之间，属于中等容量的外部存储器。它可能与磁带存储器并用，也可能被它取代。

外部存储器也叫辅助存储装置。它与输入输出装置合起来叫做外围装置（peripheral equipment），与中央处理单元CPU相对应。

图2.2所示为计算机的构成和动作与人在使用台式计算机时的思考过程与动作相对比的情形。

习 题

根据本章中假定的计算机进行下列计算，试问给出什么指令为好？

1) $(X^2 + 36) / (X - 36/X)$ ，式中X的值存储在12号地址，常数36存储在13号地址，指令存储在0~11号地址。

2) $(X^3 - Y) / (Y + Z/Y)^2$ ，试适当确定X、Y、Z的存储地址。

3. 计算机的程序设计语言

3.1 机器语言

试想一下能够简便地计算前章例题的计算机模型。

和台式计算机一样，首先的问题是寄存器的位数。例题中给出的最大数为104，如用台式计算机，有3位就可以了。计算机采用的数是2进制，由表3.1可知，需要有7位才行。

假定这时的全部寄存器与存储器通常使用2进制7位数。为了更详细说明，设由存储器向寄存器传送的数字为1，这时传送的不只是最后一位1，而是0000001全部7位。这一点和打电话给000局的1号时拨号码盘0000001一样。用专业术语来说，该计算机的1字（Word）由7位（bit=binary digit，二进制位）构成。

其次，必须决定存储器的个数。通常，计算机在硬件构成上，其存储器的个数为 2^n 最好，n为正整数。例题中存储X和Y值的存储器是2个，程序是12步，需要12个存储器，合计14个。本来还需要配备几个用于存储中间计算结果的存储器，但为了简化模型而不用传统的

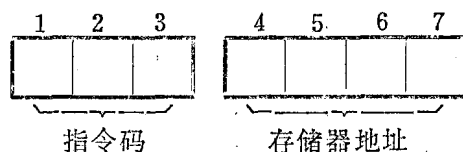


图 3 · 1