计算机导论与

FORTRAN77 结构化程序设计

郭淑芬 编著

哈尔滨出版社

计算机导论与

FORTRAN 77 结构化程序设计

郭淑芬 编著

哈 尔 滨 出 版 社

责任编辑：郑化顺
封面设计：岳大地

计算机导论与FORTRAN77
结构化程序设计

郭淑芬　编著

哈尔滨出版社出版
黑龙江大学激光排版中心制版
黑龙江省检察院印刷厂印刷
787×1092毫米 16开本 26印张 620千字
1990年7月第1版 1990年7月第1次印刷
印数1—1,500册

ISBN 7-80557-289-5／TP·2 定价 12.00元(套)

内 容 简 介

本书分为两篇共十八章，第一篇为："计算机导论"共四章。第二篇为："FORTRAN 77 结构化程序设计"共十四章。学习了第一篇的内容可以使读者对计算机的工作原理以及计算机的工作过程有初步地了解。第二篇系统地介绍了 FORTRAN 77 结构化程序设计的基本概念和方法。

书中的内容针对初学者的特点做到了由浅入深，循序渐进的安排，每章都附有内容丰富，概念清楚，通俗易懂的例题，并配有必要的流程图，是一本了解计算机和学习结构化程序设计的入门教材。

书中每一章后附有习题，并编有"计算机导论与 FORTRAN 77 结构化程序设计习题解答"。

本书适合作为大专院校学生学习结构化程序设计课程的教材，也可以供科技工作者自学阅读。

前　言

在教学实践的过程中，作者深深地感到，非计算机专业的学生在低年级学习程序设计语言之前，应该进行计算机的人门教育，使其对计算机的组成和工作原理有了初步的了解后，可以更好地学习程序设计语言和提高程序设计质量，因此编写了一篇"计算机导论"的内容。

结构化程序设计是当前国际上新兴起的一种程序设计的方法，其特点是人们不能随心所欲地编写程序，而是要求按一定的结构形式来设计和编写程序。它使程序具有良好的结构，易编写、易阅读、易修改和易调试，以提高程序设计质量和编程技巧。本书在写法上由浅人深，循序渐进，不是从枯燥的语法规则出发，而是从实际问题中引出概念，通过内容丰富的例子介绍结构化程序设计的基本方法和技巧。努力做到启发性和实用性相结合。

书中的内容是按 FORTRAN 77 标准叙述的，所述的内容和程序基本上适用于配有 FORTRAN 77 编译系统的计算机系统。但不同的计算机所使用的 FORTRAN 77 会有一些小的差别，上机操作时，请查阅所使用计算机系统的 FORTRAN 77 说明书。

目前大多数计算机都能做到 FORTRAN 77 和 FORTRAN 66 兼容，故在 FORTRAN 77 中保留了 FORTRAN 66 中的一些非结构化的语句，以便能够使用过去的 FORTRAN 66 程序。希望在编写新的程序时要尽量使用结构化的程序设计方法。

书中在每章后都附有习题，习题与解答另编成一本"计算机导论与 FORTRAN 77 结构化程序设计习题解答"，可供教师备课用，也可作为读者学习本书时的参考。

"计算机导论与 FORTRAN 77 结构化程序设计"和"计算机导论与 FORTRAN 77 结构化程序设计习题解答"是由郭淑芬编著的，沈培庆同志参加了部分工作，王文才同志给予了很大的支持在此表示感谢。

本教材在正式出版之前已在北京航空航天大学动力系的本科生教学中使用，根据实践经验和体会作者对本书作了进一步的修改和完善。

本书承北京航空航天大学计算机系渠传璐教授和清华大学计算机系夏莹副教授的审阅，并提出了宝贵的意见，在此表示感谢。

由于作者的水平有限，存在的问题和错误是难免的，敬请各位读者批评指正。

作　者

一九九0年二月于北京

目 录

第一篇 计算机导论

第二篇 FORTRAN 77结构化程序设计

第一篇　计算机导论

第一章　电子数字计算机的由来与发展

§1.1　电子数字计算机

世界上第一台可以由程序控制的计算机称为电子数字积分器与计算器（Electronic Numerical Integrator And Calculator）简称为 ENIAC．它是在 1946 年为了弹道设计的需要由美国宾夕法尼亚大学研制出来的．从 1943 年开始研制，到 1946 年研制成功，一共用了三年的时间．这台计算机的字长只有 12 位，运算速度为 5000 次／秒加法运算，这个庞然大物共用了：18800 个电子管，1500 个继电器，占地面积为 160 平方米，重达 30 吨，耗电 150 千瓦，其造价为 100 多万美元．这台计算机既耗费大又不完善，然而它确是计算技术发展史上的一次重大创新．此后的四十多年，计算机的发展已到了迅猛的程度．如果说 ENIAC 称为第一代电子计算机的话，那么今天已发展至第四代的超大规模集成电路计算机了．且第五代人工智能计算机在不断的研制成功．

第一代为电子管数字计算机，其发展年代大约为 1946 年～1958 年．计算机的逻辑元件采用电子管．主存贮器采用磁鼓、磁芯．外存贮器已开始采用磁带．使用的软件为机器语言编写的程序，后期逐步使用了汇编语言．当时主要用于科学计算．

第二代为晶体管计算机，其发展年代大约为 1958 年～1964 年．计算机的逻辑元件为晶体管．主存贮器仍然使用磁芯，外存贮器已开始使用磁盘．软件有了很大的发展，出现了各种高级语言及编译程序．此时计算机应用于各种事务的数据处理，开始用于工业控制．

第三代为集成电路计算机，其发展年代为 1964 年～1971 年．这时的计算机，逻辑元件已开始采用小规模和中规模的集成电路．主存贮器仍然以磁芯为主．软件发展很快，已有分时操作系统．会话式的高级语言出现了，并且有了发展．小型计算机也随着集成电路规模的增大则很快发展起来，实现了系列化标准化，应用的范围日益扩大，企事业管理和工业控制都不断地引入了小型计算机．

第四代为大规模集成电路发展起来以后的产物．这是从 1971 年以后发展起来的．所谓大规模集成电路是指在单晶硅片上集成 1000～20000 个晶体管的集成电路．由于大规模集成电路的体积小，耗能少，可靠性很高，促使微型计算机以很快的速度发展．现在微型计算机的类型很多，体积越来越小，已有单板微型计算机，单片微型计算机的出现．在工业上已有很普遍的应用，在商业上的应用更为广泛，有些手提式微型计算机更为有利于办公室自动化和家庭自动化的发展．

第五代为人工智能计算机，是从 1982 年以后产生的，它的存贮器为半导体存贮器和磁泡存贮器，外存贮器使用了磁盘，光盘，模仿人的功能，其软件有知识库，人工智能语言，智能数据库，机器人系统和专家咨询系统．

四十多年来电子数字计算机的发展经历了电子管；晶体管；集成电路及大规模或超大

规模集成电路五代，软件也有了相应的发展。而且四十多年来计算机的发展已达到了迅猛的程度，平均 5～8 年，计算速度要提高 10 倍，计算机的体积减少 10 倍，成本降低 10 倍.

现代化的计算机正向着：巨型和微型化发展，计算机网络方向发展，人工智能和光计算机方向发展.

§1.2 电子数字计算机的特点

(1) 运算快速又准确．目前普通电子数字计算机运算速度为每秒几十万次到几百万次，许多要在极短时间内作出大量运算的工作都可以由它来完成，即使运算量极大，单调而枯燥的问题，计算机也可以非常“耐心”准确地完成.

(2) 精确度高．计算机保持十几位有效数字是十分容易的，在人们需要的情况下可以设计出更高精确度的计算机.

(3) “记忆”准确，查询快速．它用电磁元件存贮信息，不会因为时间长久，事务浩繁而“忘记”．因此它可以用于事务管理，情报资料检索.

(4) 具有逻辑判断能力，能根据具体的条件，做出合乎逻辑的判断.

(5) 计算和管理完全自动进行，不需要人工干预．这样，只要一次排定程序就不要费脑筋去监督、判断、操作了，因此，可以把人们从频繁的计算工作中解放出来.

§1.3 电子计算机的分类及其应用

电子计算机目前可以分为三大类：

(1) 电子数字计算机

(2) 电子模拟计算机

(3) 混合式计算机

电子计算机在以下几个方面应用：

(1) 数值计算：这是电子数字计算机应用的一个基本方面．由于它运算快速，计算准确，自动化程度高，通用性好，故被广泛地应用在科学研究和工程计算上.

(2) 数据、信息处理和情报检索：利用电子计算机查找情报、资料既快又准．据统计每年国外公开发表的文献达 500 万种，杂志几万种，故查找资料是个大问题．如果使用计算机可以很快地帮助你找到所需要的资料、情报.

(3) 实时控制：这是计算机应用极为广泛的一个领域．如无人驾驶飞机、汽车；数控机床；自动轧钢系统均属实时控制.

(4) 计算机辅助设计：电子计算机可以使设计过程趋于半自动化和自动化，这几年 CAD 和 CAM 都有了很快的发展，既节省人力又节省了时间，降低成本又保证了设计和制造质量．如大规模集成电路的辅助设计，使用计算机已成为必要的手段.

(5) 人工智能：利用电子计算机模拟人的功能，它不仅能够从事某些繁重、危险的劳动——机器人，而且还包括具有“判断”、“思维”能力的智能机器人.

习 题

1. 电子数字计算机的发展经历了哪几代？今后计算机的发展趋势如何？
2. 电子计算机主要应用在哪几方面？你能在每方面都举出一些实例吗？
3. 电子数字计算机的特点是什么？
4. 电子计算机分类情况如何？

第二章　电子数字计算机的计数制

§2.1　数　制

电子数字计算机最基本的功能是进行数据运算．在电子数字计算机中，数字和符号都是用电子元件的不同状态表示的．由于计算机的这个特点，提出了一系列的问题；对参与运算的数有哪些要求？它们是如何表示的？数的表示与常用的表示法有什么关系等等．

2.1.1　十进制

人们最常用的数制是十进制，它是由 0，1，2，3，4，5，6，7，8，9 等十个不同的符号表示的数值，这十个符号就是数字．常用的十进制是采用位置记数法数制，也就是每个数字的位置决定了它的值或者权．例如:

$$123.45$$

小数点左边第一位数 3 代表个位，表示它本身的数值；左边第二位数 2 代表十位，即表示 2×10；或者表示成 2×10^1；左边第三位数 1 代表百位，即表示 1×100，或者表示成 1×10^2；小数点右边第一位数 4 代表 1／10 位，即表示 4×10^{-1}；右边第二位数 5 代表 1／100，即表示 5×10^{-2}．

从上例可以看出，同样的数在不同的位置代表的值或权是不一样的．数的这种表示方法，约在公元 800 年，阿拉伯人开始使用这种数制，并称为阿拉伯数制，一直到今天，全世界几乎都应用这种表示数制的方法．数 123.45 是下面多项式的缩写:

$$123.45=1\times10^2+2\times10^1+3\times10^0+4\times10^{-1}+5\times10^{-2}$$

可见，任一数字的位置是由 10 的幂次决定的．这个 10 就是十进制的基数，所谓基数，就是在该进位中可能用到的数字的个数．采用位置记数法（或带权记数法）的数制有三个重要特征:

1. 数字的个数等于基数 10;
2. 最大的数字比基数小，最大的数字是 9;
3. 每个数字都要乘以基数的幂次，而该幂次是由每个数所在位置决定的．

在上例中，用小数点把数分成整数部分（具有基数 10 的正次幂的各项）和分数部分（具有基数的负次幂的各项)．任何一个十进制数 N 可以写成:

$$N=K_nK_{n-1}\cdots\cdots K_1K_0.K_{-1}K_{-2}\cdots K_{-(m-1)}K_{-m}$$

都可以表示为:

$$\begin{aligned}N&=K_n\times10^n+K_{n-1}\times10^{n-1}+\cdots+K_1\times10^1+K_0\times10^0\\&\quad+K_{-1}\times10^{-1}+\cdots\cdots+K_{-(m-1)}\times10^{-(m-1)}+K_{-m}\times10^{-m}\\&=\sum_{i=n}^{-m}K_i\times10^i=\sum_{i=0}^{n}K_i\times10^i+\sum_{i=-1}^{-m}K_i\times10^i\\&=N_I+N_F\end{aligned}$$

式中，K_i 可以是 0，1，2，3，4，5，6，7，8，9 十个数码中任何一个，具体的数值由 N 来确定，m，n 为正整数，10 为十进制的基数，N_I 表示数的整数部分，N_F 表示数的小数部分。

十进制计数方式，实质上就是每位计满十向高位进一，称为"逢十进一"。

2.1.2 二进制

在日常生活中，除了常用的十进制计数以外，还有一些非十进制的计数方法，如计时，60 秒为 1 分，60 分为 1 小时，是 60 进制计数法。中国的"老秤"一斤等于 16 两，是十六进制计数法。一英尺等于 12 英寸，是十二进制计数法。还有其它各种各样的进制计数法。

在计算机中，广泛使用二进制计数法。而二进制计数法也具有三个特征：

1. 数字的个数等于基数 2，即只有两个字符。

2. 最大的数比基数小 1，即最大值的数字应该是"1"，最小数值的数字是"0"，所以二进制计数方式中，只有"1"与"0"两个数字。

3. 在数的表示中，每个数字都要乘以基数 2 的幂次，而该幂次是由该数字所在位置决定的。如 111.11 这个二进制数，应表示为：

$$(111.11)_2=1\times 2^2+1\times 2^1+1\times 2^0+1\times 2^{-1}+1\times 2^{-2}$$

一般任意一个二进制数都可以表示为：

$$\begin{aligned}N &= K_n\times 2^n+K_{n-1}\times 2^{n-1}+\cdots+K_1\times 2^1+K_0\times 2^0\\ &\quad +K_{-1}\times 2^{-1}+\cdots+K_{-(m-1)}\times 2^{-(m-1)}+K_{-m}\times 2^{-m}\\ &=\sum_{i=n}^{-m}K_i\times 2^i=\sum_{i=n}^{0}K_i\times 2^i+\sum_{i=-1}^{-m}K_i\times 2^i\\ &=N_I+N_F\end{aligned}$$

式中，K_i 是 0 或 1 两个符号之一，由 N 来决定，n，m 为正整数。

N_I，N_F 分别为数的整数部分和小数部分。

例如　二进制数 10101101.1011 所表示的值是：

$$\begin{aligned}&1\times 2^7+0\times 2^6+1\times 2^5+0\times 2^4+1\times 2^3+1\times 2^2+0\times 2^1+1\times 2^0\\ &\quad +1\times 2^{-1}+0\times 2^{-2}+1\times 2^{-3}+1\times 2^{-4}\\ &\quad =128+32+8+4+1+0.5+0.125+0.0625\\ &\quad =173.6875\end{aligned}$$

和十进制一样，二进制计数方式实质的东西是位数计满二时，向高位进一，即"逢二进一"。

简单数字的十进制和二进制对照列表

	十进制数	二进制数
整数	0	0
	1 $(=2^0)$	1
	2 $(=2^1)$	10
	3	11

续表

整数	4 $(=2^2)$	100
	5	101
	6	110
	7	111
	8 $(=2^3)$	1000
	9	1001
	10	1010
	11	1011
	16 $(=2^4)$	10000
	32 $(=2^5)$	100000
	64 $(=2^6)$	1000000
	128 $(=2^7)$	10000000
	256 $(=2^8)$	100000000
	512 $(=2^9)$	1000000000
	1024 $(=2^{10})$	10000000000
小数	0.5 $(=2^{-1})$	0.1
	0.25 $(=2^{-2})$	0.01
	0.125 $(=2^{-3})$	0.001
	0.0625 $(=2^{-4})$	0.0001

2.1.3 二进制数的特点

十进制和二进制的共同特点是进位．前者是“逢十进一”，后者是“逢二进一”．十进制的数，小数点向右移一位，数目就扩大十倍．如 567.89 数的小数点向右移一位，变为 5678.9，就比原来的数扩大十倍．如:

$$5678.9 = 10 \times (567.89)$$

反之，小数点向左移一位，数就缩小十倍．如:

$$56.789 = \frac{1}{10} \times (567.89)$$

二进制数也有这种性质，小数点向右移一位，数就扩大 2 倍．如:

$$1101.01 = 10 \times (110.101)$$

式中 10 是二进制的数，等于十进制的 2，不是阿拉伯数字的“10”．反之，小数点向左移一位，数就缩小 2 倍．如:

$$11.0101 = \frac{1}{10} \times (110.101)$$

再有，判断十进制数是奇数还是偶数，只要看个位就行了，个位是奇数时该数为奇数，如 21、27、243 等都是奇数．个位数是双数时则该数为偶数，如 144，12 等都是偶数．二进制数也有类似的性质，若个位数为 1 则这个数就是奇数，如 01，11 等是奇数．

若个位数是 0，则这个数是偶数，如 10，110 等.

在二进制数中，只有两个数码"0"和"1"出现，它的优点就是每一个位数都可以用任何具有两个不同稳定状态的物理元件来表示. 一般制造具有两个稳定状态的元件比制造十个稳定状态的元件要容易得多. 例如：电灯的亮和暗，开关的闭合与断开，电压的高和低，晶体管的截止与导通等，只要规定一种状态为"1"，则另一种状态就为"0".

如乘法

$$
\begin{array}{rl}
1101 & (13) \\
\times \quad 101 & (5) \\
\hline
1101 & \\
0000 & \\
1101 & \\
\hline
1000001 & (65)
\end{array}
$$

减法、除法运算也同样简单.

采用二进制数可以节约存贮设备. 在二进制中，每一位数可以用两个稳定状态的元件来存贮. 而十进制数每一位数要求十个稳定状态的元件来存贮. 例如，要表示 0～999 这一千个数，十进制用 3 位数，共需要 $3\times10=30$ 个稳定状态的设备量. 而用二进制数表示一千个数时，则用 10 位（实际上是 $2^{10}=1024$ 个数），只需要 $2\times10=20$ 个稳定状态的设备量. 很明显，用二进制表示数所需要的设备量比十进制表示的数少.

采用二进制，就可以使用逻辑代数的数学工具，为计算机的设计提供了方便.

在日常生活中经常碰到的数是十进制，因此在使用计算机时，必须把十进制的原始数据换算成计算机所能接受的二进制数. 计算机在运行结束后，又要将二进制数换算成人们所习惯的十进制数. 这两种数制换算的过程全由计算机自行完成，不需要人工参与.

§2.2　二、十、八和十六进制数的转换

2.2.1　十进制转换成二进制（简称 10 翻 2，记作 10→2）

整数——除 2 取余法.

此法是将十进制的数除以 2，得到一个商和余数（只能是余 0 或 1），再将商除以 2，又得到新的商和余数，如此继续做下去，一直到商等于 1 或 0 为止. 把最后一次的商和每次的余数由下而上依次排列，即为二进制的整数各位数.

例 1　$(29)_{10} \to (\quad)_2$

$$
\begin{array}{r|ll}
2 & 29 \cdots 1 & \uparrow \text{最低位} \\
2 & 14 \cdots 0 & \\
2 & 7 \cdots 1 & \\
2 & 3 \cdots 1 & \\
 & 1 & \\
\end{array}
$$

最高位

$\therefore\ (29)_{10} = (11101)_2$

例 2　$(1988)_{10} \to (\quad)_2$

2 ⌊1988 …0 ↑ 最低值

2 ⌊994 …0

2 ⌊497 …1

2 ⌊248 …0

2 ⌊124 …0

2 ⌊62 …0

2 ⌊31 …1

2 ⌊15 …1

2 ⌊7 …1

2 ⌊3 …1

1

最高位

∴ $(1988)_{10} = (11111000100)_2$

纯小数——用乘 2 取整法.

先用 2 乘十进制纯小数，然后去掉乘积中的整数部分. 再用 2 乘剩下的纯小数部分. 如此继续进行，直到满足所要求的精度（由单字长度决定的）或直至纯小数部分等于零为止. 把每次乘积的整数部分由上而下依次排列，即为所求的二进制纯小数的各位数字.

例 3 $(0.375)_{10} = (\quad)_2$

乘 2	纯小数部分	整数部分	
$2\times0.375=0.75$	0.75	0	最高位
$2\times0.75=1.5$	0.5	1	
$2\times0.5=1$	0	1	↓最低位

∴ $(0.375)_{10} = (0.011)_2$

对于既有整数部分又有小数部分的十进制数，应分两部分，即对整数部分用除 2 取余法，而对于小数部分用乘 2 取整法来做.

例 4 $(29.375)_{10} \rightarrow (11101.011)_2$

应注意：对于十进制的整数均可用有限的二进制整数表示.

对于十进制的小数就不一定能用有限位的二进制小数表示.

例 5 $(0.1)_{10} \rightarrow (\quad)\ 2$

乘 2	纯小数部分	整数部分	
$2\times0.1=0.2$	.2	0	最高位
$2\times0.2=0.4$	.4	0	
$2\times0.4=0.8$	.8	0	
$2\times0.8=1.6$	.6	1	
$2\times0.6=1.2$	.2	1	
$2\times0.2=0.4$	.4	0	
$2\times0.4=0.8$	.8	0	
$2\times0.8=1.6$	.6	1	
⋮	⋮	⋮	↓最低位