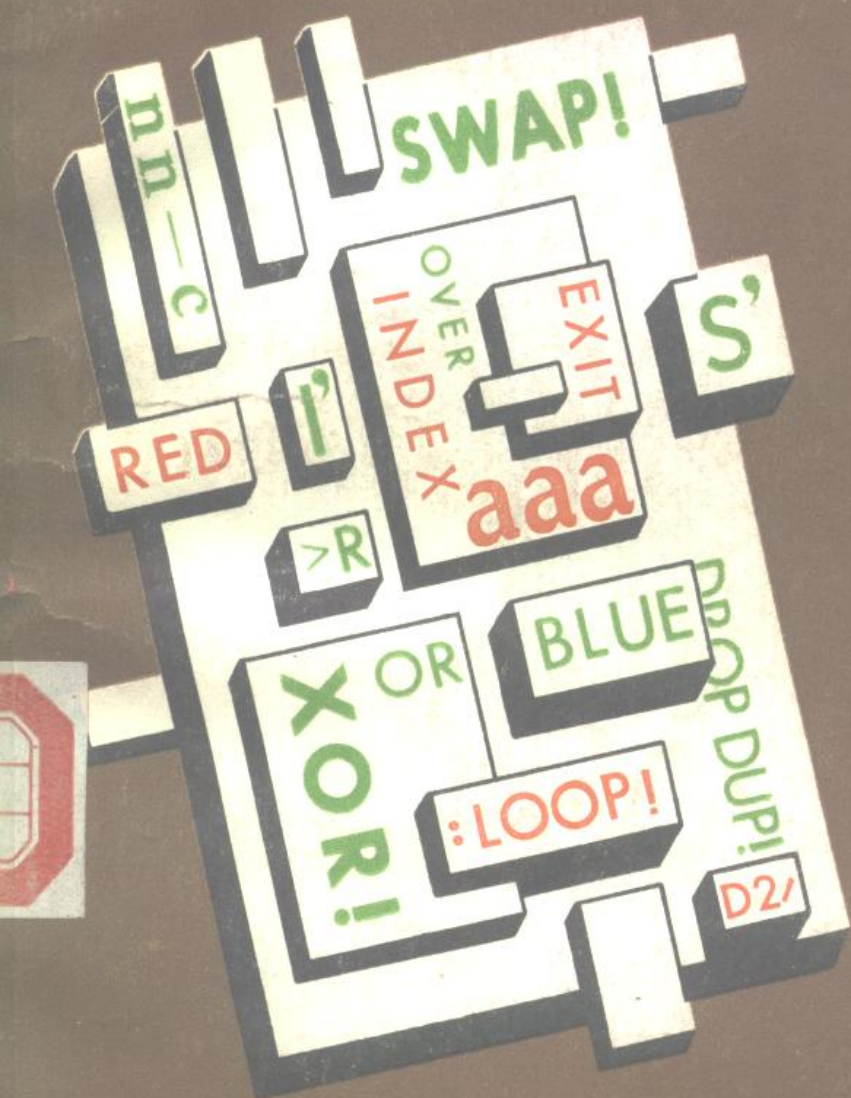


第四代计算机高级语言—— FORTH



刘大力 黎晓淮 张汉煜 编著

人民邮电出版社

第四代计算机高级语言——

F O R T H

刘大力 黎晓淮 张汉煜 编著

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 简 介

本书详细介绍了第四代计算机高级语言——FORTH 的常用基本概念，FORTH 基本单词的作用，以及其程序设计基础。书中通过对大量例题的剖析和由浅入深的讲解，达到使读者学会使用这一新的语言的目的。

本书可供计算机专业人员学习，也适用于对该语言感兴趣的 所有读者。

ISBN 7-115-00105-5

第四代计算机高级语言——

FORTH

刘大力 黎晓淮 张汉煜 编著

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京兴华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

*

开本：787×1092 1/32 1988年2月 第一版

印张：13²⁴/₃₂ 页数：220 1988年2月北京第一次印刷

字数：315 千字

印数：1—10,500册

统一书号：15045·总3399-有5516

定价：2.85元

前 言

FORTH 语言是查克·摩尔 (Chuck Moore)* 提出的一种第四代计算机高级程序设计语言。由于它具有新颖独到的结构和自生成自扩展的能力,实际上它已超出一般高级语言的范畴,而成为一种性能优良的软件工具。FORTH 语言具有一定的会话功能,它的“词典”和双栈结构使得复杂的程序设计变成简单的“单词”(FORTH 的语言元素)定义过程,而这种过程对机器具有良好的透明性,这就使程序设计具备极高的精细的结构化水平,并且易于查错和修改。FORTH 程序的目标码紧凑,占用内存少,它的程序的编译和执行速度几乎与汇编相等。FORTH 语言本身就是一个独立完整的软件环境,它无需任何系统软件的支持就可完成编程工作。

传统的看法认为 FORTH 是良好的快速实时控制、图像信息处理的语言,但随着 FORTH 语言本身的不断发展,它在智能软件和专家系统以及更为广泛的领域中展现出它的旺盛的活力。另外, FORTH 是可能成为实现程序数学化和程序自动生成系统的基础语言之一。

目前,国外学习研究 FORTH 的人越来越多。为了在国内介绍这种先进的高级语言,以推动 FORTH 语言的普及和应用,满足初学者希望有一本既通俗又比较全面地介绍 FORTH 语言的书籍这一要求,我们编写了本书。它是根据我们几年来学习、剖析和应用 FORTH 的成果,并参考了几次办学习班的教材及国内外有关资料编写而成。希望它能够成为学习 FORTH

* 在国内外有些刊物中称 Charles Moore。

语言的理想的入门书。考虑到初学者的特点，在写法上，本书着重于应用，并力求通俗易懂深入浅出。由于 FORTH 语言涉及计算机基础知识较多(如：栈和逆波兰等)，为了顺利阅读本书，我们对有关这方面的内容也作了简单的介绍。

本书以 MMS-FORTH, FX-83 V 2.0 为蓝本,以 FORTH-79 为标准,并参阅了 DUOSI-FORTH 等版本介绍 FORTH 语言。计算机语言是一门应用性课程,重点在于多作练习,所以,大部分章节都附有一定量的习题。

本书的第一、二章全面介绍了 FORTH 语言的特点、功能、设计思想、基本概念等基础知识以及 FORTH 的基本运算和数串类型。这是学习 FORTH 的重要环节,通过这一环节读者要建立一个关于 FORTH 的概念、方法的全新环境,改变传统的“意识流”非结构化的程序设计思想,以便掌握这种新一代的高级语言。本书第四章的指针单词部分属于 FORTH 高级程序员的学习内容,初学者可在阅读其它章节之后,并对 FORTH 语言有了较深入的了解时再学习这部分内容。由于 FORTH 语言的宿主机型不同,在涉及与外设操作有关的单词部分,FORTH 的各版本差别最大。所以,本书的第八章、第十章仅介绍 APPLE II 机型上的几种 FORTH 版本的外设操作。读者通过这部分内容,主要了解外设操作单词的定义及一般使用方法。第九章介绍了 FORTH 汇编,这部分内容也属于 FORTH 的高级应用。为了能向读者介绍 FORTH 语言结构上的发展途径,本书的第十一章专门介绍了 FORTH 语言的虚技术的概念及应用,希望能对有兴趣研究、开发 FORTH 的读者有一定的助益。

书中的附录部分给出了比较完整的 FORTH 词典,但由于版本差别,单词及功能可能有不少出入之处。该词典主要根据 MMS-FORTH 及 DUOSI-FORTH 并依据 FORTH-79 标准编

制而成，也兼顾了其它各个不同版本的单词。具体应用时，读者应参照手中的 FORTH 版本。

本书第一章由刘大力编写，第二、三、四(部分)、五、六、八章由黎晓淮编写，第四(部分)、七、九、十、十一章由张汉煜编写。本书编写时参考了刘大力同志在中国软件技术开发中心举办的 FORTH 讲习班的讲稿。

FORTH 语言的创始人，美国软件专家查克·摩尔先生为本书写了序，在序中精辟地阐述了 FORTH 语言的特点，并对于 FORTH 语言在中国的应用前景寄予很大希望，在此表示诚挚的感谢。

本书编写过程中，得到了北京多思软件有限公司的大力支持，得到了沈祖梁、杨秋江同志及许多 FORTH 爱好者的热情帮助。本书出版前，由金祥凤校阅了全稿，在此一并致谢。

编写本书是在我国介绍 FORTH 语言的初步尝试，希望能起到抛砖引玉的作用。由于作者的水平有限，编写时间仓促，所以书中难免有错误，我们诚恳希望广大读者给予批评指正。

作者

1985 年 7 月 于北京

序

我对 FORTH 在中国的普及流行感到由衷的高兴，并因有机会向使用这一最为有趣的编程语言的新用户们致词而感到不胜荣幸之至。

为什么采用 FORTH?

当今世界上越来越多的事物受到政府和企业方面的支配，然而 FORTH 却没有得到二者的支持。它之所以被人们使用，只是因为编程员个人的喜好，而且往往是在其它语言屡经尝试而失败之后才选用的。它通常用于棘手的管理问题，而且往往会取得成功。

FORTH 的成功之处在于，它能够生成有效、紧凑和适用的程序。“有效”意味着程序可按计算机所能达到的高速运行；“紧凑”是指程序占用内存最小，甚至少于机器语言所占用的内存量；“适用”表明程序易于测试，修改和扩展。FORTH 还具有交互作用程序设计的能力，所需时间、费用最少，可靠性最高。这些优点已为大量成功的工程项目所公认。

成功的原因在于 FORTH 的简明性。但简明并不意味着简单，而是指精巧。它由自然语言组合而成，备有大量的单词，也可以定义新的单词。

FORTH 与中国

中国人民拥有悠久的文化传统和智慧。因此，我希望你们会欣赏 FORTH 在编程方面的精巧性。据说，汉语特别适合于 FORTH 语言的后缀式句法，大量的汉字亦与 FORTH 所倡导

的大量单词不谋而合。

即便在英语中，也可以为 FORTH 的每一个单词严格挑选一个恰当的名称。主要是因为，要使单词容易记忆、解释和形成文件。当找到一个正确的名称后，编程员会对此感到满意。但如果找不到一个合适的名称，就说明这个单词不理想。只有找到有合适名称的单词，才是更有用的单词。

单词名称的另一个限制条件是，单词不能单独使用，它们往往以各种方式组成短语。重要的是这些短语必须讨人喜欢，而且似乎总可以为单词命名。

FORTH 的普及性

FORTH 是在普及中得到发展的。谁也不知道究竟有多少 FORTH 编程人员，或是有多少应用 FORTH 的项目。有人估计编程人员的数目每年翻一番，这与有人估计 1985 年大约有 25,000 名编程人员的说法相一致。然而，事实上每年所披露的 FORTH 应用项目和公司远远大于这个数字。许多公司往往对其 FORTH 的应用情况密而不宣，因为他们将其视为竞争优势。

FORTH 的应用范围日益扩大，传统的应用领域是过程控制和数据库管理，而现在正应用于大容量数值计算和人工智能领域。例如，若干专家系统就是用 FORTH 实现的。FORTH 在探索新的算法和数据结构方面的适用性是十分诱人的。

越来越多的大学正在开设 FORTH 课程，有趣的是大都是在工程系，而不是在计算机科学系中开设。

近几年已有 FORTH 硬件的商品开发出来，已经推出几种单板机和单片机，以比其它语言和机器快得多的速度运行 FORTH。而且，鉴于 FORTH 的简明性，无需主要制造商的大量资源，就可以将这些机器组装起来。而 FORTH 的有效性

则显示出惊人的性能。

我深信 FORTH 在计算机界有着光辉的前景，随着越来越多的人的认可，将会有许多新的想法，增加 FORTH 的广泛适用性。我十分乐于中国的编程人员参加到这一振奋人心的开发工作中来。

A handwritten signature in cursive script, reading "Chuck Moore".

查克·摩尔

1985.6 于加利福尼亚伍德赛德

目 录

第一章 绪 论

§ 1.1	FORTH 语言的历史与发展简况	2
§ 1.2	独特的高级语言—FORTH	5
§ 1.3	FORTH 语言的前景展望	12

第二章 FORTH 程序设计基础

§ 2.1	概述	16
§ 2.2	单词(WORD)	21
§ 2.3	代码段(CODE FIELD)	28
§ 2.4	程序(PROGRAM)	30
§ 2.5	词典(DICTIONARY)	33
§ 2.6	栈(STACK)	37
§ 2.7	逆波兰表达式(RPN)	41
§ 2.8	数基与数(RADIX AND NUMBER)	43
§ 2.9	定义单词(DEFINING WORD)	61
本章习题		68

第三章 基本运算和数据类型

§ 3.1	基本运算单词	70
§ 3.2	函数单词	85
§ 3.3	数量类型单词的定义	90
§ 3.4	字符串类型单词的定义	106
本章习题		113

第四章 栈操作及指针

§ 4.1	参数栈操作	115
-------	-------------	-----

§ 4.2 返回栈操作	135
§ 4.3 指针单词	144
本章习题	162

第五章 数据存取及变换

§ 5.1 数据和字符串的存取	164
一、取数单词	165
二、存储单词	168
三、复制转储单词	172
§ 5.2 串操作单词的定义及应用	179
一、串地址分解单词	180
二、串比较单词	181
三、串连接单词	183
四、串互换单词	185
五、子串单词	187
§ 5.3 数据与字符串之间的转换	190
一、字符串转换为数据	191
二、数据转换为字符串	194
三、字符串输出格式单词组	200
本章习题	205

第六章 程序结构

§ 6.1 条件转移结构	208
§ 6.2 复合布尔条件	217
§ 6.3 定循环结构	219
§ 6.4 嵌套与递归	225
§ 6.5 不定循环结构	233
§ 6.6 条件不定循环结构	237
本章习题	241

第七章 执行态与编译态

§ 7.1 概述	243
§ 7.2 立即执行单词	245
§ 7.3 强行编译单词	251
§ 7.4 运行时间单词	257
本章习题	272

第八章 输入及输出操作

§ 8.1 键盘输入单词	273
一、输入字符单词	274
二、跳过输入空格单词	274
三、读输入行单词	274
四、输入字符串单词	275
五、注释单词	279
§ 8.2 终端输出显示单词	280
一、换页单词	281
二、回车换行单词	281
三、输出空格单词	281
四、数串打印输出单词	282
§ 8.3 磁盘文件管理	287
一、文件名单词	287
二、接受文件名单词	288
三、打开文件单词	290
四、读文件单词	290
五、写文件单词	290
六、关闭文件单词	291
七、读写磁盘文件操作单词的定义	291
§ 8.4 打印机及终端显示控制单词	295

一、外设接口转换单词.....	295
二、终端显示控制单词.....	296
三、打印机、终端控制单词.....	296
本章习题.....	296

第九章 FORTH 汇编

§ 9.1 概述	298
§ 9.2 编译单词	299
一、操作数/地址域	301
二、寻址方式域.....	301
三、操作码(助记符).....	301
§ 9.3 汇编单词	305
一、汇编单词的定义格式.....	305
二、汇编单词的定义过程.....	307
三、综合举例.....	308
§ 9.4 FORTH 汇编编译器	315
一、汇编定义单词.....	315
二、寻址方式编译单词.....	316
三、操作码编译单词.....	317
四、条件转移结构编译单词.....	322
五、循环结构编译单词.....	327
本章习题.....	328

第十章 程序的运行及文本编辑

§ 10.1 程序的运行.....	329
§ 10.2 文本编辑.....	336
一、建立一个新文件.....	337
二、行间编辑单词.....	338
三、行内编辑单词.....	343

四、FORTH 文件的编辑格式及编辑举例	344
本章习题	349

第十一章 虚 技 术

§ 11.1 虚拟词典技术	350
§ 11.2 虚拟接口技术	362
§ 11.3 虚拟存储技术	364
附录一、ASCII 字符集	369
附录二、FORTH 词典	371
附录三、6502 汇编与 FORTH-6502 汇编对照表	415
附录四、Z 80 汇编与 FORTH-Z 80 和 FORTH-8080相互 对照表	419
附录五、典型的 MMSFORTH 内存图(V 2.0 TRS-80内存 32 K)	425
附录六 参考文献	426

第一章 绪 论

当前，我们正面临着一个科学技术高度发展的时代——信息时代。计算机在信息时代中扮演着重要角色。但它与我们过去使用过的其它自动化机器有所不同，人们必须对计算机进行二次开发——软件开发，才能使计算机正常运行。一台计算机的软件开发工作做得愈好，软件愈丰富，计算机的功能就愈强。这说明软件开发对于计算机的使用起着十分重要的作用。

自从第一台计算机诞生以来，计算机软件工程经过不断的发展、改进和创新，它的发展速度已大大超过了硬件。目前，第四代计算机系统中都配备了较为丰富的软件，其中传统的高级程序语言（例如：FORTRAN、COBOL、PASCAL、BASIC···）仍然得到广泛的应用。但是，这类高级语言的功能都是有限的，而且对这类高级语言本身的二次开发工作——维护和扩展，一般都需要由生产厂家来完成，靠语言本身是不能完成的。此外，这类高级语言虽然书写程序比较方便、规范，但由于它们与机器之间的界面过多，所以编译速度和效率都较低。由于对机器的不透明性，使得程序的质量和运行效率的提高也受到了很大的限制。因此，近年来随着软件的发展，人们愈来愈积极地寻求界面简单、结构化好、透明性好及编译效率高并能自扩展（自我二次开发）的高级软件工具。在这些方面，第四代高级程序设计语言 FORTH 具有明显的优势。

本章将向读者介绍 FORTH 语言的历史与发展情况，并采

用与传统的高级程序设计语言相比较的方法，向读者介绍 FORTH 语言独到的优点。最后，介绍并展望 FORTH 语言的前景以及 FORTH 语言与下一代计算机的关系。

§ 1.1 FORTH 语言的历史 与发展简况

一、FORTH 语言的诞生

FORTH 语言是由查克·摩尔 (Churk Moore) 于 1969 年提出并首先在 IBM 1130 计算机上实现的一种高级程序设计语言。由于它的设计思想新颖，语言结构独特，方法简洁而灵活，应用范围广泛而且具有潜在的语言二次开发的能力，因此，摩尔将它称之为第四代高级程序设计语言-FOURTH (第四代)。由于当时实现 FORTH 语言的宿主机 IBM 1130 机规定符号名字不得超过五个字符，因此，摩尔删去 FOURTH 中的字母“U”，而成为“FORTH”。FORTH 语言从此问世。

后来，美国弗吉尼亚州肯特峰天文台的伊丽莎白·拉赛尔 (Elizabeth Rather) 将 FORTH 语言成功地运用到一个实时控制系统中，从而引起人们的注目。

FORTH 语言诞生以来，在软件的开发与应用中取得了巨大的成就。学习、研究和应用 FORTH 语言的人愈来愈多。FORTH 语言流行于美国之后，又在欧洲和日本等许多国家掀起了 FORTH 热，许多软件工作者都热衷于 FORTH 语言的研究，甚至某些软件公司把 FORTH 作为开发软件产品的秘密武器。

二、FIG 协会与 FORTH 语言标准

FORTH 语言真正得到广大程序员的承认，并取得巨大的成功应当归功于国际推广 FORTH 语言的组织—FIG 协会(FORTH Interest Group)。这个协会是一些 FORTH 语言的爱好者于 1978 年在美国旧金山成立的一个非赢利非商业性的推广 FORTH 语言的组织。当时还成立了一个国际性的 FORTH 语言标准小组(FORTH Standard Team)。FIG 的创建者之一：William Ragsdale 以在 APPLE 机上所配置的一种 FORTH 为蓝本，先后在 6502，8080，9900，6800，LSI-11 和 DACE 等几种类型的机器上配置了 FORTH 系统。并且据此制定出 FORTH-78 的 0 级和 1 级标准，第二年由欧洲 FIG 组织发起又制定了 FORTH-79 标准。这些 FORTH 标准的制定对于 FORTH 语言的开发、移植和推广都起到了巨大的推动作用。不久前，FORTH 标准小组制定的最新的 FORTH-83 标准业已公布，这是学习和开发 FORTH 语言的最新的依据。现在 FIG 协会已发展成为拥有六十多个分会和五千余会员的世界性的 FORTH 语言推广组织。FIG 协会每年都要出六期专业性期刊，并发表 FORTH 的研究论文，出版和销售 FORTH 语言的书籍和资料等等。

最近，由 FORTH 标准小组中的主要成员发起成立了 FORTH MODIFICATION LABORATORY 组织(FORTH MODIFICATION LABORATORY) 其目的和作用主要是组织国际 FORTH 团体的成员进一步的开发研究 FORTH 标准以外的技术及应用，并推出 FORTH-83 x 标准版本。可见 FORTH 语言研究的发展又进入了一个新的阶段。