

李 勇 裘式纲 王凤学 宋焕章 编著

计算机原理与设计

JISUANJI
YUANLI YU
SHEJI

国防科技大学出版社

● JISUANJI YUANLI YU SHEJI ●

计算机原理与设计

(修 订 本)

李 勇 裘式纲 王凤学 宋焕章 编著

国防科技大学出版社

计算机原理与设计

(修订本)

李 勇 裘式纲 编著
王凤学 宋焕章

责任编辑 王金荣

*

国防科技大学出版社出版发行

湖南省新华书店经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本：787×1092 1/16 印张：36.75 字数：869.9千字

1985年9月第1版 1989年12月第2版

1989年12月第3次印刷 印数：7000册

ISBN 7-81024-043-9

TP·16 定价：(平)7.15元

(精)8.15元

修 订 版 前 言

本书自1985年出版,已经两次印刷。值得欣慰的是,本书得到国内同行和广大读者的支持与厚爱,近四十所院校选作教材,众多的单位用作教学和科研参考书。

“计算机原理与设计”或“计算机组成原理”是计算机应用和计算机软件专业必修的专业基础课程。它主要讨论计算机各组成部件的基本概念、基本结构、工作原理及设计方法。长期的教学实践证明,通过对本课程的学习,对于建立整机概念,研究各功能部件的相互连接与相互作用,进行各功能部件的逻辑设计,都有着重要的意义。

随着计算机科学技术的飞速发展,本课程内容也在不断更新变化。为适应教学与科研的需要,在第三次印刷前,我们对原书进行了较大的修订。

一是将某些章节内容进行删除与合并,十五章压缩为十二章,上下两册合为一册,使全书更为精炼和实用。例如,删减了流程图,浮点双精度运算,加(减) i 倍除数跳1跳0除法,指令系统举例,磁芯存储器,纸带输入机和汉字处理等。

二是增加一些新内容,使本书更具有时代感。例如增加了计算机发展趋势,PLA控制器设计原理,磁泡存储器,光存储与磁光存储,数据站与软盘输入输出设备,激光印刷与喷墨印刷,数字化仪与绘图机等。

三是改写了部分章节。例如概论,运算方法和运算器,存储器原理与设计,输入输出控制等。

本书第一、二、五、六、七章由李勇编写,第三、四章由裘式纲编写,第八、九章由王凤学编写,第十、十一、十二章由宋焕章编写。全书章目与内容由集体讨论定稿。

总之,我们力图深入浅出地阐述计算机各组成部件的基本概念和基本原理,也力求反映国防科技大学计算机系及国内计算机界的最新科研和教学成果。

在修订过程中,吸取了本校及兄弟院校在教学实践中所提出的宝贵意见和积极建议,得到本系及国内同行的支持与帮助,引用了他们的许多科研论文,著作与成果,在此特致以深切的谢意。

本书虽起步较早,又多经修改,但仍感适应不了计算机科学技术的发展步伐。况修订时间仓促,作者学识有限,谬误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

1989年8月

目 录

第一章 概论

1.1 计算机发展简史	1
1.2 计算机系统的层次结构	3
1.2.1 计算机系统的组成	3
1.2.2 计算机系统的层次结构	4
1.3 计算机特点与分类	5
1.3.1 计算机性能与特点	5
1.3.2 计算机分类	6
1.4 计算机组成	7
1.4.1 计算机基本组成部件	7
1.4.2 运算器ALU	9
1.4.3 存储器M	9
1.4.4 控制器CU	11
1.4.5 I/O 部件	13
1.5 指令与程序	14
1.5.1 指令类型与指令格式	14
1.5.2 机器语言程序	15
1.5.3 汇编语言程序	18
1.6 计算机工作过程	23
1.6.1 计算机总框图	23
1.6.2 指令执行过程	23
1.6.3 计算机工作过程	24
1.7 计算机应用与展望	25
习题	29

第二章 计算机中数据表示

2.1 定点数(整数与小数)表示	30
2.2 浮点数表示	32
2.3 字符串数据表示	36
2.4 十进制数据表示	39
2.5 向量数据表示	42
2.6 堆栈数据表示	46
习题	52

第三章 运算方法和运算器

3.1 寄存器间数据传送的数据通路	54
3.1.1 寄存器传送语言 RTL	55

3.1.2	寄存器的并行传送	56
3.1.3	寄存器的串行传送	56
3.1.4	总线传送	57
3.1.5	存储器传送	59
3.2	逻辑运算	60
3.2.1	清0微操作	61
3.2.2	置1微操作	61
3.2.3	逻辑与微操作	61
3.2.4	逻辑或微操作	61
3.2.5	异或微操作	62
3.3	移位运算微操作	63
3.3.1	负数原码算术移位	65
3.3.2	负数补码算术移位	65
3.3.3	负数反码算术移位	66
3.4	几种常用的算术微操作	67
3.4.1	加微操作	67
3.4.2	求反、求补微操作	67
3.4.3	减微操作	67
3.4.4	递增、递减微操作	68
3.5	定点加(减)法运算及其加速方法	68
3.5.1	原码加(减)法运算	68
3.5.2	补码加(减)法运算	70
3.5.3	反码加(减)法运算	71
3.5.4	二进制加法器	72
3.5.5	十进制加法器	75
3.5.6	加法运算及其加速方法	78
3.6	定点乘法运算	86
3.6.1	原码一位乘法	86
3.6.2	补码一位乘法	88
3.7	定点除法运算	96
3.7.1	原码一位除法	96
3.7.2	补码一位除法	101
3.8	浮点运算	112
3.8.1	浮点加(减)法运算	113
3.8.2	浮点乘法运算	116
3.8.3	浮点除法运算	118
3.9	截断、舍入规则与误差分析	121
3.9.1	舍入规则	121
3.9.2	误差分析	122
	习题	133

第四章 快速乘除法运算

4.1	两位乘法	136
-----	------	-----

4.1.1 原码两位乘法	136
4.1.2 补码两位乘法	141
4.2 三位乘法	146
4.3 多位乘法	152
4.4 加(减)除数的跳1跳0除法	172
4.5 迭代除法	181
习题	192
第五章 指令系统与寻址技术	
5.1 指令格式	193
5.2 寻址技术	199
5.2.1 直接寻址	199
5.2.2 变址寻址	200
5.2.3 间接寻址	203
5.2.4 直接数寻址	205
5.2.5 基址寻址	205
5.2.6 自相对寻址	207
5.2.7 寻址方式举例	208
5.3 指令系统	210
5.3.1 指令系统基本要求	210
5.3.2 指令分类与基本指令类型	212
5.3.3 程序控制指令	216
习题	224
第六章 控制器组成	
6.1 基本功能与控制方式	226
6.1.1 控制器的基本功能	226
6.1.2 控制器的控制方式	227
6.2 信息传送方式与控制器结构	230
6.2.1 总线信息传送方式	230
6.2.2 非总线传送方式	232
6.3 时标系统	234
6.3.1 指令周期与节拍信号	234
6.3.2 指令周期与存储周期	235
6.3.3 节拍的划分	236
6.4 中断系统	238
6.4.1 中断分类	239
6.4.2 中断建立与判优	241
6.4.3 中断响应	244
6.4.4 中断处理	247
6.5 组合逻辑控制器设计举例	250
6.5.1 设计方法	250
6.5.2 设计环境的描述	252

6.5.3 指令流程分析	252
6.5.4 微操作控制部件的设计	253
6.5.5 PLA 控制逻辑	256
习题	258
第七章 微程序	
7.1 微程序控制基本原理	259
7.2 微指令编码	262
7.2.1 直接控制编码	262
7.2.2 最短字长编码	262
7.2.3 分段直接编码	263
7.2.4 分段间接编码	265
7.2.5 常数源字段E	265
7.3 微指令地址	266
7.3.1 微地址形成问题	266
7.3.2 顺序-转移型微地址	269
7.3.3 断定型微地址	271
7.4 微指令格式	274
7.4.1 水平微指令	274
7.4.2 垂直微指令	276
7.5 微指令时序控制	279
7.5.1 微指令周期	279
7.5.2 微指令多相控制	279
7.5.3 串行控制与并行控制	280
7.5.4 快速微程序转移	282
7.6 微程序设计举例	286
7.6.1 设计环境的描述	286
7.6.2 微程序控制方案与控制时序选择	287
7.6.3 微程序流程分析	288
7.6.4 微指令编码设计与微地址分配	290
7.6.5 编制微码表	292
习题	294
第八章 存储器原理	
8.1 存储器发展概况	295
8.2 存储器的分类	296
8.2.1 随机存取存储器RAM	297
8.2.2 相联存储器CAM	297
8.2.3 只读存储器ROM	297
8.2.4 直接存取存储器DAS	297
8.2.5 串行存取存储器SAM	297
8.3 存储系统	297
8.3.1 多层次存储结构系统	298

8.3.2 多体存储器	300
8.3.3 多模块并行交叉存储器	301
8.4 半导体存储器	302
8.4.1 双极型RAM	303
8.4.2 MOS型RAM	311
8.4.3 半导体CAM	325
8.4.4 CCD和磁泡存储器	327
8.4.5 半导体ROM	338
习题	346
第九章 存储器设计	
9.1 半导体存储器的测试	347
9.1.1 静态测试与动态测试	347
9.1.2 功能测试	349
9.2 半导体存储器设计	355
9.2.1 设计存储器的一般原则和方法	355
9.2.2 存储器的逻辑设计	356
9.2.3 存储器逻辑设计举例	359
习题	376
第十章 磁表面存储器	
10.1 数字磁记录原理	378
10.1.1 磁记录材料	378
10.1.2 磁头	379
10.1.3 信息存取原理	383
10.2 数字磁记录方式	386
10.2.1 记录方式及其评定方法	387
10.2.2 游程长度受限码(RLLC)的描述和结构参数	391
10.2.3 RLLC分析与设计	395
10.3 磁带存储器	406
10.3.1 概述	406
10.3.2 磁带机的基本结构	409
10.3.3 磁带机基本工作原理	418
10.3.4 磁带数据记录格式	421
10.4 磁盘存储器	425
10.4.1 概述	425
10.4.2 可换式硬盘存储器结构	430
10.4.3 磁头定位驱动系统	432
10.4.4 读写电路与控制电路	441
10.4.5 磁盘记录格式	451
10.4.6 软盘存储器	453
10.5 光存储和磁光存储	461
10.5.1 光存储	462

10.5.2 磁光存储	464
习题	465
第十一章 输入输出设备	
11.1 键盘	468
11.1.1 按键	469
11.1.2 键盘编码器	471
11.1.3 键盘输入	473
11.2 CRT显示器	473
11.2.1 显示器性能参数	474
11.2.2 显示器件CRT	475
11.2.3 扫描技术	480
11.2.4 字符生成原理	483
11.2.5 显示存储器	488
11.2.6 字符显示器设计	489
11.2.7 图形显示器	492
11.3 输出印刷设备	494
11.3.1 概述	449
11.3.2 击打式打印机	497
11.3.3 激光印刷和喷墨印刷	508
11.4 数据站和软盘输入输出设备	515
11.4.1 数据站	515
11.4.2 软盘输入输出设备	528
11.4.3 数据输入系统	532
11.5 数字化仪和绘图机	534
11.5.1 数字化仪	535
11.5.2 绘图机	536
习题	539
第十二章 输入输出控制	
12.1 I/O控制和 I/O子系统	541
12.1.1 I/O设备和 I/O操作的特点	542
12.1.2 I/O组织的基本原则	542
12.1.3 I/O控制的基本功能	545
12.1.4 I/O控制的发展和类型	545
12.2 总线结构	548
12.2.1 总线类型	549
12.2.2 总线通信和控制	551
12.3 程序中中断控制传送	556
12.3.1 输入输出指令	556
12.3.2 程序中中断的输入输出	556
12.4 直接存储器访问 DMA	560
12.4.1 DMA的功能和特性	560

12.4.2 访存冲突处理和DMA 接口组成	561
12.5 VAX-11 机的输入输出	564
12.5.1 同步底板互连器 SBI	564
12.5.2 单总线适配器 UBA	565
12.5.3 多总线适配器 MBA	566
12.6 I/O 通道	567
12.6.1 I/O 通道的基本概念	567
12.6.2 通道种类	568
12.6.3 通道流量计算	571
12.6.4 通道命令和通道程序	572
习题	575
参考文献	

第一章 概 论

本章简要地回顾数字计算机(以下简称计算机)的发展历史,概括地描述计算机系统的层次结构、计算机的特点、分类和应用,并重点讨论计算机的组成和工作原理,使读者了解计算机是由哪些主要部件组成的,它是怎样实现自动解算问题的,以期建立初步的整机概念。

1.1 计算机发展简史

人们在长期的生产实践中,已创造了各式各样的计算工具,以减轻繁锁的劳动。例如,我国的算盘,在元朝时已趋成熟,它至今仍是人们喜用的一种简便计算工具。其它的如计算尺、机械计数器等也早已发明。它们在一定程度上满足了当时的生产和科学技术各部门所提出的计算任务要求。但这些计算工具只能简化人的手工计算,而计算的方法和计算步骤的提出、计算过程的控制、数据整理等主要还是靠人来完成的。但是,随着生产范围的扩大和科学技术的迅速发展,计算规模与复杂程度也不断增长,利用已有的计算工具进行手工计算就暴露出其明显的缺点:

(1) 手工计算速度慢

进行典型的加法和乘法一类手工运算需要几秒钟,而记录中间数据、寻找数据和判断数据等所花费的时间则更长。这样,用人工计算来完成需要进行千百万次基本运算的任务是非常困难,甚至是不可能的。例如,对于国防、农业、渔业和交通运输业有着重要意义的气象预报工作,提出24小时天气预报的初步方案,需要进行两百多万次的运算。若采用人工计算需要计算两个星期才能完成,显然已失去预报的意义。其它如大地测量,地震数据处理等都需要上亿次的运算,人工计算都是难以胜任的。

(2) 手工计算容易出错

由于人参与整个计算过程,人的主观因素直接影响计算结果的正确性,比如说,精力不集中,视力欠佳,工作引起的疲劳,习惯性错读错写等都会造成计算错误。因此,用人工计算大型、复杂问题其结果一般是不很可靠的。

基于上述原因,人们开始研究自动计算的理论并进行自动计算机的研制。法国哲学家和科学家巴斯噶(Blaise Pascal, 1623—1662)于1642年创造了第一台能自动实现加减法运算的机械计算器。1671年德国哲学家和数学家莱布尼兹(Gottfried Leibniz, 1646—1716)制造了一台能自动实现乘除法运算的机械计算器。他们创造性的工作,使局部计算自动化。到19世纪30年代英国数学家白贝治(Charles Babbage, 1791—1871)首先提出了整个计算过程自动化的概念。他设计了第一台通用自动时序控制机械式计算

机。为了精心设计分析机，白贝治在他的后半生花费了大部分精力和财产。可惜，由于当时技术水平的限制，未能实现他的愿望。但是，他对计算机的发展作出了卓越的贡献。

机械式计算机由于存在着严重的缺点，如机械传动惯性直接影响计算速度，特别是机械装置靠计数齿轮、棘轮、连杆等来传送信息很不可靠等，虽然前后经历了三百多年，发展是缓慢的。机械式计算机只不过是一种计算工具而已。

20世纪初，由于电子管的出现，使构成非常快速的电子计数器和存储部件成为可能。到40年代，由于第二次世界大战，电子技术在军事上的应用研究非常活跃，通讯技术、雷达技术等都有较大的发展。同时，也为电子技术和计算技术的结合开辟了广阔前景。战争对“计算”提出了迫切要求，急需快速而准确地解决弹道计算问题。于是，在美国陆军军械署的资助下，John Mauchly和J. presper Eckert设计的ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator)于1943年在宾夕伐尼亚大学开始研制，到1946年宣布完成。它是重达30吨、用了18000多电子管、耗电100千瓦以上的庞然大物。它的性能虽然还不如目前一台微型计算机的性能高，然而在当时却是划时代的创举，成为电子数字计算机的始祖。从此，计算机进入了一个飞速发展的崭新时代。

计算机自ENIAC诞生起，至今不过短短几十年历史。然而，它发展之迅速，普及之广泛，对整个社会和科学技术影响之深远，是任何其它学科所不及的。30年间，计算机发展了四代*。在推动计算机发展诸因素中，电子器件的发展起着决定性的作用；其次，计算机系统结构和计算机软件的发展也起着重大的作用。

第一代计算机(1946—1954)：特征是采用电子管作为逻辑元件；用阴极射线管或声汞延迟线作主存储器；数据表示主要是定点表示；用机器语言或汇编语言编写程序。有代表性的计算机是1946年美国数学家冯·诺依曼(von Neuman)与他的同事们在普林斯顿研究所开始设计的存储程序计算机IAS。它的设计思想是很先进的，自成一体，所谓诺依曼型计算机结构体系，对后来计算机的发展产生了深远的影响。

第二代计算机(1955—1964)：特征是用晶体管代替了电子管；用铁淦氧磁芯和磁盘作主存储器；引入变址寄存器和浮点运算硬件；利用I/O处理机提高输入输出操作能力等。在软件方面引进了FORTRAN, COBOL, ALGOL等高级程序语言以简化程序设计；建立了子程序库和批处理的管理程序。这些对计算机的普及和应用产生了深刻的影响。有代表性的计算机是IBM公司生产的IBM 7094计算机和CDC公司生产的CDC1604计算机。

第三代计算机(1965—1974)：特征是用集成电路IC(Integrated Circuit)代替了分立晶体管，一般用的IC为小规模集成电路SSI(Small Scale Integration)(门密度1~10门/片)和中规模集成电路MSI(Medium Scale Integration)(门密度为20~100门/片)；用半导体存储器逐渐代替铁淦氧磁芯存储器；广泛使用微程序技术简化处理机设计、提高了处理机的灵活性；引进了多道程序、并行处理等新技术，在系统结构上开始突破冯·诺依曼型结构。在软件方面，操作系统的成熟及其功能的日益强化是第三代计算机的显著特点；多处理机、虚拟存储器系统以及面向各种用户的应用软件的发展，大大丰富

* 时期划分尚无一致意见

了计算机软件资源。为了充分利用已有的软件资源，解决软件兼容问题而发展了多种系列机。所谓标准化、模块化、系列化已成为计算机设计的基本指导思想。最有代表性、最有影响的计算机是IBM公司1964年研制成功的IBM 360计算机系列。该系列内各种型号的计算机软件是兼容的，即在一种型号上运行的程序可以不加修改的在其它型号计算机上运行，只是执行时间不同而已。另外有影响的大型计算机系列是CDC公司1964年研制成功的CDC 6600计算机及其后研制出的CDC 7600计算机，和后来又推出的CDC CYBER计算机系列。六十年代中期另一个进展方向是大量生产低成本的小型计算机。DEC公司于1965年研制成功了PDP-8计算机，以后又发展成有名的PDP-11系列机和VAX-11系列机等。由于它成本低、性能好，适用范围广，在计算机的推广普及方面起了巨大的作用。

第四代计算机(1975以后)：特征是以大规模集成电路LSI(Large Scale Integration) (门密度几百门~几千门/片)为计算机主要功能部件；用64K、256K或集成度更高的半导体存储器单元作主存储器；在系统结构方面发展并行处理技术、多机系统、分布式计算机系统和计算机网络以及非冯·诺依曼结构计算机等。在软件方面发展分布式操作系统、数据库和知识库系统、高效可靠的高级语言以及软件工程标准化等，并逐渐形成软件产业部门。其它如模式识别和智能模拟的研究，计算机科学理论的研究等，对计算机的发展将产生深远影响。第四代机另一重要分支是以LSI为基础而发展起来的微处理机和微型计算机。1971年英特尔(Intel)公司研制成功微处理机4004，1973年该公司又宣布研制成8位微处理机8080。此后，微处理机和微型计算机象雨后春笋般地蓬勃发展起来。目前市场上已大力推广16位、32位微型计算机，如IBM PS-2, Apple MAC-I等。微型机体积小、功耗低、成本低，其性能价格比优于其它类型计算机，因而得到广泛应用和迅速普及。微型机市场不断扩大，原属小型机市场也被它占领相当部分，多微机系统还在抢占大中型机市场，其势之锐，真是咄咄逼人。微处理机和微型机的出现不仅深刻地影响着计算机技术本身的发展，同时也使计算机技术更迅速地渗透到社会与生活各个领域。毫无疑问，随着超大规模集成电路VLSI(Very Large Scale Integration)发展以及新的计算机体系结构和软件技术的发展，以知识处理系统为特征的新一代计算机系统，在不久的将来也将会出现。

1.2 计算机系统的层次结构

1.2.1 计算机系统的组成

任何计算机系统都是由计算机硬件与计算机软件组成的。

硬件是计算机系统中实际存在的物理实体，它是看得见摸得着的。从物理构成上看，它是由种类繁多的电子器件、印刷线路板等构成的各种计算机插件，机架、底板线，计算机电源，散热系统，控制台以及各种功能的外部设备等所组成的复杂系统。从逻辑功能上来看，它是由中央处理机、存储器、外部设备和它们之间的信息接口等所组成。

软件是在计算机硬件基础上，根据一定算法而编制的一组程序。这里所提到的算法

是指任何有目的、有计划的行为，根据一些基本操作按一定顺序进行操作的序列。为方便用户使用，提高计算机系统的效率或扩展硬件功能而编制的程序一般称为系统软件，如汇编程序、编译程序、操作系统、数据库管理系统、诊断程序和各种应用程序包等。用户为解决某一特定问题而编制的程序一般称为应用软件，如解决线性方程组的程序，铁路运输调度程序等等。对于通用计算机系统，系统软件是它的组成部分，而不包括应用软件；对于专用机系统，其专用的应用软件可以认为是它的组成部分。

既然软件是实现某种算法的程序，计算机可以理解为是面向算法的机器。一个算法可以由硬件实现，也可以由软件来实现。如数组运算，多数计算机是用软件来实现的，而在巨型机或数组处理机中是用硬件实现的。这就是说，硬件与软件在逻辑功能上是等效的。在一个计算机系统中，硬件与软件之间功能如何分配，是设计关键问题之一。

在早期计算机设计中，由于硬件成本高，可靠性差，为了取得较高的性能价格比，硬件功能所占比例较小，许多功能是由软件来实现的。随着计算机的发展，硬件技术迅速发展，成本迅速下降，而软件系统日益扩大与复杂化，软件技术发展较慢，因而硬件所承担的功能逐渐加大，软件功能所占比例逐渐缩小。计算机硬件与软件密切结合，软件技术硬（固）化的趋势已日益明显了。

1.2.2 计算机系统的层次结构

用户使用高级语言FORTRAN来编制源程序，输入计算机中，只要程序正确，就会给出正确的计算结果。对用户来说，这台计算机好像能直接执行FORTRAN语言，其实并非如此。我们把好像能直接执行FORTRAN语言的机器称为虚拟机。实际上，用FORTRAN语言编写的源程序经过机器编译程序将它翻译成某种中间语言程序，然后再将这个中间语言程序翻译成机器能直接用硬件实现的目标程序，机器再执行目标程序得出计算结果。

若用户用汇编语言编制程序，输入机器中也须将汇编语言源程序经汇编程序翻译成机器能直接用硬件实现的目标程序，然后再由机器执行之。这样，对用户来说，就存在一个汇编语言虚拟机。可见，不同层次的程序设计语言对应不同层次的虚拟机。我们把虚拟机和与它对应的机器语言一起称为计算机系统中的一级。

计算机指令系统是能直接用硬件实现的、人与机器进行通讯的语言。因此，指令系统就是机器语言。对应机器语言的机器就是实际计算机。

目前，一般计算机多采用微程序控制技术。它使每条机器指令由一串微指令（微程序）来实现，而微指令所执行的基本微操作直接由硬件来实现。因此，对于微程序计算机，用机器语言（指令系统）编写的程序是通过微程序解释来实现的。所以，微程序级是计算机系统层次结构中最基本的层次。

计算机系统按照程序设计语言的层次来划分它的级，如图1.1所示。

图中1级和2级是由硬件实现的，它们是实际机器的两个层次。对于不是微程序控制的计算机，此二级合并为一级。3~5级是由软件实现的，是虚拟机器级。1、2级的机器语言即微指令系统和指令系统是面向计算机系统设计师和系统程序员的，用户使用不方便。各虚拟机的语言是面向用户程序员的。3级汇编语言是基本符号形式语言，可为用户直接使用，也可作为一种中间语言存在。4、5级高级语言更适于用户使用。

这种层次划分*大体上反映了计算机系统结构的特点,反映了硬件与软件功能划分以及各层次间的内在关系。了解计算机系统的层次结构,对于全面地理解计算机是非常必要的。本书重点讨论1、2级由硬件实现机器语言的基本原理和设计方法。

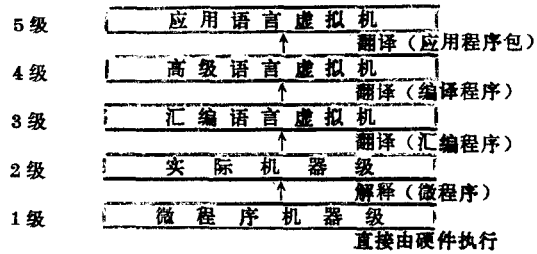


图 1.1 计算机系统层次结构

1.3 计算机特点与分类

1.3.1 计算机性能与特点

计算机是面向算法的机器,算法中基本操作对象就是数据,在各种操作中,数据的存储、加工与传送等均以离散的数字形式出现,故称为数字计算机。它区别于数据以连续模拟形式出现的模拟计算机。

计算机所能解决的,应是那些可描述的能行性算法。所谓能行性算法是指可利用有限步骤,且每个步骤都有确切含义,在允许的合理时间内完成的算法。在各领域内所遇到的大多数问题都是可描述的能行性算法。连续函数的计算可用计算方法化为数值计算;无限步骤解决的问题,在满足一定精度要求下用有限步骤来解决。因此,计算机解决问题的范围是非常广泛的,在计算机与模拟机的激烈竞争中,在计算机实际应用中,充分显示了它的卓越性能和旺盛的生命力。因而计算机已成为现代信息社会的重要支柱。现就其主要性能特点叙述如下:

一、精度高

计算机中数的精度主要表现于数据表示的位数,一般称为机器字长。字长越长其精度越高。多数计算机的字长为8、16、32、64位等。在模拟机中要取得万分之一以上精度是很费力的事,而计算机要取得十位十进制数(百亿分之一)以上精度是很容易的。

二、速度快

计算机速度是指在单位时间内执行指令的平均条数或执行的平均操作结果数。比较通用的说法是指平均指令条数,如某机速度为100万次/秒,就是指该机在一秒钟内能平均执行100万条指令。

计算机速度主要受限于电信号传输延迟和门电路延迟时间。随着计算机器件速度提高,计算机系统结构等因素的发展,计算机速度已从最初的每秒几千次发展到今天每秒几十万次、几百万次,甚至到几亿次。这种速度水平基本能满足各技术领域对速度的要求。但是,对于某些尖端技术领域,如核裂变模拟、航天器空气动力计算等还要求有更高速的,每秒百亿次以上的计算机。

三、通用性强

不同的应用领域,解决问题的算法是不同的。但是,仔细分析一下各种算法的基本

* 操作系统也可划分为一个层次。它与其它各层次都有密切关系。划分在哪个层次尚不统一。

操作可以发现,大多数基本操作是相同的,只是算法不同,对不同的基本操作使用频度不同而已。因此,一台计算机能适应多种应用,通用计算机的名字即来源于此。当前所说的通用计算机,一般理解为主要面向三个应用领域:科学计算、数据处理和实时控制。

四、存储容量大

存储容量反映计算机存储信息的能力。笼统地说,它是指计算机能够存储二进制信息字的数量,一般以字节或字长为单位。实际上,出于性能与价格等多种因素的考虑,计算机存储系统也是多级层次存储,如高速缓存、主存、辅存等。主存由半导体存储元件构成,它直接参与快速运算,对计算机性能影响较大,其容量受价格限制,一般可达几兆字节;辅存由磁盘、磁带机等构成,它不直接参与快速运算,其速度慢、价格便宜,容量可很大。

计算机存储系统能给用户以足够的存储空间来存储信息,这是非常重要的。例如,一个大型图书馆藏书几百万册以上,如果用计算机实现自动检索系统,必须提供足够大的存储空间,以便将整个馆所藏图书的编目索引、文章或书籍内容摘要等大量信息存入计算机。自动检索系统可以根据读者要求,自动进行资料或书目的检索工作,且可将内容摘要输出给读者。因此,存储容量是反映计算机性能的重要参数,它为计算机软件提供了充分的活动空间。

五、使用方便

通用计算机一般都配有几种面向用户的高级语言,如面向科学计算的FORTRAN, ALGOL, APL语言等;面向商业、事务处理的COBOL语言等。它们使用户不必了解计算机内部的复杂结构和原理,甚至也不需要了解复杂的机器语言,用户只要写出源程序,然后将它输入到计算机中即可。程序输入到计算机后,机器能自动进行计算过程控制、设备调度与管理、计算结果的输出等。整个计算过程是高度自动化的,不需要人的干预。

1.3.2 计算机分类

由于计算机的迅猛发展和应用领域日益扩大,计算机产品的数量与种类在迅速增加。怎样从本质上认识这些计算机呢?根据它们不同特点,给与适当地分类是必要的。

一、按应用特点分类

按应用特点,计算机可分为两大类,即专用计算机和通用计算机。

专用计算机是针对某一特定应用领域或面向某种算法而研制的计算机。专用机特点是它的系统结构和专用软件,对于指定的应用领域是高效的,有较高的性能价格比;而对于其它应用领域则是低效的,性能价格比变坏。如空中交通管制专用机(STARAN),卫星图象处理用大型并行处理机(MMP)以及各种武器系统的专用控制机等。

通用计算机是针对多种应用领域或面向多种算法而研制的计算机。通用机的特点是它的系统结构和计算机软件能适应多种用户的要求。因此,它有较丰富的通用系统软件和应用程序包;有较复杂的系统结构和较强的系统功能。如通用系列机IBM 370, PDP-11, VAX-11系列机,我国的DJS-100, 180系列机等。

计算机发展初期,硬件设备昂贵,多为专用计算机。随着技术发展,为充分发挥计