



高等教育自学考试

计算机及应用专业（独立本科段）自学辅导丛书

计算机系统结构自学辅导

蒋本珊 编著



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

高等教育自学考试计算机及应用专业(独立本科段)自学辅导丛书

计算机系统结构自学辅导

蒋本珊 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书是与全国高等教育自学考试指导委员会指定教材《计算机系统结构》配套的辅导书。全书共分10章,前8章与指定教材的内容吻合,围绕着自学考试大纲,将每章分成4个板块:第一板块简述了各章所涉及的知识点和学习要求;第二板块对各章的重点与难点内容进行讨论;第三板块通过对典型例题的分析和详解,帮助考生加深对所学知识的理解;第四板块则给出了大量的同步测试题。第9章介绍了一些与计算机系统结构密切相关的知识,虽然超出自学考试大纲要求,但对于实际应用来说,这部分内容也是很重要的。第10章是根据历年各地自学考试题整理出来的9套模拟试题,供考生自测检验。书的最后还给出了2002年上半年自学考试计算机系统结构试卷。书中全部习题和考题都有比较详细的答案,供读者参考。

本书对考生备考将会有很大的帮助,是参加自学考试的广大考生必不可少的参考书,也可供其他学习计算机系统结构课程的学生参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机系统结构自学辅导/蒋本珊编著. —北京:清华大学出版社,2002

(高等教育自学考试计算机应用专业独立本科段自学辅导丛书)

ISBN 7-302-06131-9

I. 计… II. 蒋… III. 计算机体系结构—高等教育—自学考试—自学参考资料
IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 097409 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑: 徐跃进

印 刷 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.75 字数: 360 千字

版 次: 2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-06131-9/TP·3666

印 数: 0001~5000

定 价: 25.00 元

前 言

计算机系统结构是全国高等教育自学考试计算机及应用专业(独立本科段)必考的课程,强调的是从计算机的组织和结构上学习、领会计算机系统。这门课程的理论性和实践性都很强,是公认的学习难度比较大的课程之一。为了帮助学生更好地掌握计算机系统结构课程的内容,掌握计算机系统结构习题解答的思路,顺利地通过高等教育自学考试,特编写这本自学辅导书。

本书是与全国高等教育自学考试指导委员会指定教材《计算机系统结构》配套的自学辅导用书。全书共分10章,前8章与《计算机系统结构》的章节完全相同,围绕着计算机系统结构自学考试大纲,按知识点和学习要求、重点与难点分析、典型例题详解和同步测试练习等4个板块进行组织。

第一板块对每一章的学习内容进行总结,列出了所涉及的主要知识点和学习要求。

第二板块对每一章的重点与难点问题加以梳理,着重对其进行了比较详细的分析和讨论。

第三板块对本课程的典型例题进行剖析,着重在对解题方法和解题思路的讨论,并且给出了详尽的解答过程,帮助考生加深对所学知识的理解,提高解题能力。

第四板块则给出了大量的同步测试题,考生可以通过练习,检查自己的学习情况。

本书的第9章介绍了一些与计算机系统结构密切相关的知识,虽然超出了自学考试大纲的要求,但是对于实际应用和扩展知识面来说,这部分内容也是很重要的。第10章提供了9套模拟试题,便于考生自测练习,检验对知识的掌握程度和自学的效果。书的最后还给出了2002年上半年自学考试计算机系统结构试卷。书中全部习题和考题都有比较详细的答案,供读者参考。

本书是参加自学考试的广大考生必不可少的参考书,对考生备考将会有很大的帮助。建议考生首先要认真学习自学考试的指定教材,然后再按本书的脉络进行复习。相信考生在正确使用教材和这本辅导书之后,一定能达到事半功倍的效果。本书除供自学考试考生使用外,也可作为其他学习计算机系统结构课程学生的参考书。

本书在编写过程中,得到了清华大学出版社编辑的大力支持和帮助。全书的图稿是由何芬、刘晓玲同志协助绘制的,在此一并表示诚挚的感谢!

由于时间仓促,且本人水平的限制,书中难免出现错误和不妥之处,欢迎同行和广大读者批评指正。

作者

2002.9

目 录

第 1 章 计算机系统结构的基本概念	1
1.1 知识点和学习要求	1
1.2 重点与难点分析	2
1.2.1 计算机系统的多级层次结构.....	2
1.2.2 计算机系统结构、组成与实现	4
1.2.3 软硬件取舍与计算机系统设计思路.....	6
1.2.4 结构设计要解决好软件的可移植性.....	6
1.2.5 应用与器件的发展对系统结构的影响.....	8
1.2.6 系统结构中并行性的发展及计算机系统的分类.....	8
1.3 典型例题详解.....	11
1.4 同步测试练习.....	13
第 2 章 数据表示与指令系统	17
2.1 知识点和学习要求.....	17
2.2 重点与难点分析.....	18
2.2.1 数据表示	18
2.2.2 寻址方式	21
2.2.3 指令格式的优化设计	23
2.2.4 按 CISC 方向发展与改进指令系统	23
2.2.5 按 RISC 方向发展与改进指令系统	24
2.3 典型例题详解.....	25
2.4 同步测试练习.....	32
第 3 章 总线、中断与输入输出系统	39
3.1 知识点和学习要求.....	39
3.2 重点与难点分析.....	39
3.2.1 输入输出系统的基本概念	40
3.2.2 总线设计	40
3.2.3 中断系统	42
3.2.4 通道处理机	45
3.3 典型例题详解.....	48
3.4 同步测试练习.....	55

第4章 存储体系	62
4.1 知识点和学习要求	62
4.2 重点与难点分析	63
4.2.1 存储体系概念与并行主存系统	63
4.2.2 虚拟存储器	65
4.2.3 高速缓冲存储器	68
4.3 典型例题详解	72
4.4 同步测试练习	82
第5章 重叠、流水和向量处理机	89
5.1 知识点和学习要求	89
5.2 重点与难点分析	90
5.2.1 重叠方式	90
5.2.2 流水方式	92
5.2.3 向量的流水处理与向量处理机	97
5.2.4 指令级高度并行的超级处理机	98
5.3 典型例题详解	99
5.4 同步测试练习	114
第6章 阵列处理机	122
6.1 知识点和学习要求	122
6.2 重点与难点分析	123
6.2.1 阵列处理机原理	123
6.2.2 阵列处理机的并行算法	124
6.2.3 SIMD 计算机的互联网络	125
6.2.4 并行存储器的无冲突访问问题	130
6.3 典型例题详解	130
6.4 同步测试练习	136
第7章 多处理机	143
7.1 知识点和学习要求	143
7.2 重点与难点分析	143
7.2.1 多处理机的特点及主要技术问题	144
7.2.2 多处理机的硬件结构	144
7.2.3 程序并行性	146
7.2.4 多处理机的性能	148
7.2.5 多处理机的操作系统	148
7.3 典型例题详解	148

7.4 同步测试练习	155
第8章 其他计算机结构	163
8.1 知识点和学习要求	163
8.2 重点与难点分析	163
8.2.1 脉动阵列机	163
8.2.2 大规模并行处理机与机群系统	163
8.2.3 数据流机	164
8.2.4 归约机	165
8.2.5 智能机	165
8.3 典型例题详解	165
8.4 同步测试练习	168
第9章 自考知识扩充	171
9.1 计算机系统结构设计	171
9.2 计算机性能的评测	173
9.3 浮点数据表示	176
9.4 输入输出子系统	178
9.5 cache 存储系统设计	179
9.6 控制相关的动态解决技术	183
第10章 模拟试题及解答	187
模拟试题 1	187
模拟试题 2	190
模拟试题 3	191
模拟试题 4	194
模拟试题 5	195
模拟试题 6	199
模拟试题 7	199
模拟试题 8	201
模拟试题 9	203
模拟试题 1 解答	207
模拟试题 2 解答	210
模拟试题 3 解答	213
模拟试题 4 解答	216
模拟试题 5 解答	220
模拟试题 6 解答	222
模拟试题 7 解答	225

模拟试题 8 解答.....	228
模拟试题 9 解答.....	230
附录 2002 年上半年高等教育自学考试全国统一命题考试 ——计算机系统结构试卷.....	235
参考文献.....	242

第1章 计算机系统结构的基本概念

本章着重讲述建立和掌握计算机系统结构设计应具备的基本知识和概念,为进一步深入学习打好基础。

1.1 知识点和学习要求

1. 计算机系统的多级层次结构

- 了解多级层次结构一般可分为哪几级,各机器级所处的相对位置。
- 领会各机器级所用的主要实现方法。

2. 计算机系统结构、组成和实现

- 掌握计算机系统结构、计算机组成和计算机实现三者的定义及各自研究的方面和内容。
- 领会计算机系统结构是软件和硬件的主要交界面。
- 理解计算机系统结构、计算机组成和计算机实现的相互影响。
- 领会透明性概念,能从不同角度判断具体问题的透明性。

3. 软硬件的取舍与计算机系统的设计思路

- 领会一个功能分别用软硬件实现的优缺点。
- 掌握在功能分配中软硬件取舍的基本原则。
- 领会计算机系统“由上往下”和“由下往上”设计的方法和问题,以及“由中间开始”设计的方法和优点。

4. 系统结构设计要考虑解决软件的可移植性

- 理解软件的可移植性定义及实现途径。
- 掌握采用统一高级语言、系列机、模拟和仿真3种途径实现软件移植的各自方法、适用场合、存在问题和应采取的对策。
- 领会软件向前、向后、向上、向下兼容的定义,系列机对软件兼容的要求。

5. 应用与器件的发展对系统结构的影响

- 理解非用户片、现场片和用户片的定义。

6. 系统结构中的并行性发展及计算机系统的分类

- 领会并行性的定义,并行性的二重含义和开发并行性的3种途径。
- 掌握各种并行性等级的划分和并行性级别高低的顺序。
- 了解计算机系统沿3种不同的并行性发展途径开发出的多机系统的类型与特点。
- 了解多机系统的耦合度概念。
- 了解计算机系统的弗林(Flynn)分类法。

1.2 重点与难点分析

本章的重点：计算机系统结构、计算机组成和计算机实现三者的定义及所包含的内容，有关的透明性问题判断，软件和硬件的功能分配原则，软件可移植性的途径、方法、适用场合、存在问题和对策，有关并行性的概念，系统结构中开发并行性的途径和类型等。

本章的难点：透明性的判断与分析。

1.2.1 计算机系统的多级层次结构

1. 多级层次结构划分

现代通用的计算机系统可以看成是由多个机器级组成的层次结构，如图 1-1 所示。层次结构由高到低的次序分别是：应用语言机器级、高级语言机器级、汇编语言机器级、操作系统机器级、传统机器级、微程序机器级。对每一个机器级的用户来说，都可以将此机器级看成是一台独立的使用自己特有的“机器语言”的机器。

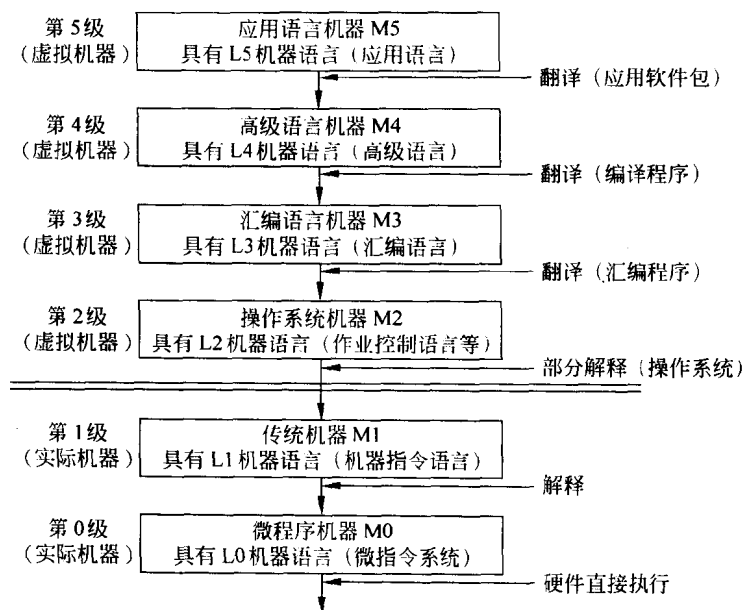


图 1-1 计算机系统的多层次结构

第 0 级是微程序级。此级的机器语言是微指令集，程序员用微指令编写的微程序一般是直接由硬件执行的。

第 1 级是传统机器级。此级的机器语言是该机的指令集，程序员用机器指令编写的程序可以由微程序进行解释。

第 2 级是操作系统级。从操作系统的基本功能来看，一方面它要直接管理传统机器中的软硬件资源，另一方面它又是传统机器的延伸。

第 3 级是汇编语言级。此级的机器语言是汇编语言，完成汇编语言翻译的程序叫做

汇编程序。

第4级是高级语言级。此级的机器语言就是各种高级语言,通常用编译程序来完成高级语言翻译的工作。

第5级是应用语言级。此级是为了使计算机满足某种用途而专门设计的,因此这一级语言就是各种面向问题的应用语言。

2. 各机器级的实现

各机器级的实现主要靠翻译或解释,或者是这两者的结合。

(1) 翻译

翻译是先用转换程序将高一级机器上的程序整个地变换成低一级机器上等效的程序,然后再在低一级上实现的技术。在执行过程中高一级程序将不再被访问。例如:用翻译程序将应用语言机器级上的应用程序包翻译成高级语言程序,用编译程序实现将高级语言源程序转换成机器语言目标程序,用汇编程序实现将汇编语言源程序转换成机器语言目标程序等。

(2) 解释

解释是在低级机器级上用它的一串语句或指令来仿真高级机器级上的一条语句或指令的功能,并通过高级机器级程序中的每条语句或指令逐条解释来实现的技术。解释过程是边变换边执行的过程,不产生翻译出来的程序。例如:用解释方式在传统机器上执行高级语言程序,用微指令程序解释实现机器指令等。

一般来说,解释执行比翻译花的时间多,但占用存储空间较少。

在多层次结构中,通常第1、2级是用解释方法实现的,而第3级或更高级则用翻译方法实现。

3. 实际机器和虚拟机器

实际机器:由硬件或固件实现的机器。在图1-1中,第0和第1级机器是实际机器。

虚拟机器:以软件或以软件为主实现的机器。在图1-1中,第2~5级机器是虚拟机器。虚拟机器不一定全由软件实现,有些操作也可用固件或硬件实现,如操作系统的某些命令可用微程序或硬件实现。

固件(firmware)是指存放在只读存储器中的各种用途的微程序,是一种具有软件功能的硬件。采用微程序控制的传统机器语言级就是用固件实现的,而采用组合逻辑控制的传统机器语言级则是用硬件实现的。

虚拟机器只对该级的观察者存在,即在某一级观察者看来,他只需要通过该级的语言来了解和使用计算机,至于下级是如何工作和实现就不必关心了。

4. 软件和硬件在逻辑功能上等效

软件和硬件在逻辑功能上是等效的。在原理上,软件实现的功能可用硬件或固件(微程序解释)来完成,用硬件实现的功能也可以软件模拟来完成,只是性能、价格、实现的难易程度不同而已。

当前,计算机的硬件和软件正朝着互相渗透,互相融合的方向发展,在计算机系统中没有一条明确的硬件与软件的分界线。原来一些由硬件实现的功能可以改由软件模拟来实现,这种做法称为硬件软化,它可以增强系统的功能和适应性;同样,原来由软件实现的

功能也可以改由硬件来实现,称为软件硬化,它可以显著降低软件在时间上的开销。由此可见,硬件和软件之间的界面是浮动的。一项功能究竟采用何种方式实现,应从系统的效率、速度、价格、资源状况等诸多方面综合考虑。

1.2.2 计算机系统结构、组成与实现

1. 计算机系统结构

计算机系统结构(computer architecture)又称为计算机体系结构。经典的计算机系统结构定义是1964年Amdahl在介绍IBM 360系统时提出的:计算机系统结构是程序员看到的计算机的属性,即概念性结构与功能特性,实际上就是计算机系统的外特性。对于这一定义,计算机界是有争议的,主要争议点基于这样一个事实,即由于计算机系统是包括软硬件乃至固件资源的较复杂系统,因此处于不同级别的使用者(各级程序员)所看到的计算机具有不同的属性。例如,用高级语言编程的程序员,可以把IBM PC与RS6000两种机器看成是同一属性的机器,但对使用汇编语言编程的程序员来说,IBM PC与RS6000是两种截然不同的机器。事实上,Amdahl提出的系统结构定义中的程序员指的是机器语言程序员或编译程序设计者。他们所看到的计算机属性,是传统机器级所具有的属性,即硬件系统的概念性结构和功能特性。计算机系统结构的实质是计算机系统中软硬件的交界面,界面之上是软件的功能,界面之下是硬件和固件的功能。

对于通用机而言,计算机系统结构的属性包括:

- 数据表示(硬件能直接识别和处理的数据类型);
- 操作数的寻址规则(包括最小寻址单位、寻址方式和表示);
- 寄存器组织(包括各种寄存器的定义、数量和使用方式);
- 指令系统(包括机器指令的操作类型和格式、指令间的排序和控制机构);
- 存储体系和管理(主存的最小编址单位、编址方式、容量、最大可用存储容量);
- 中断系统(中断的类型、中断处理程序功能及入口地址);
- 机器工作状态定义和切换(如管态和目态等);
- I/O结构(包括输入输出设备的连接、使用方式和格式以及I/O操作的状态等);
- 信息保护(包括信息保护方式和保护机构)。

2. 计算机组成与计算机实现

计算机组成(computer organization)指的是计算机系统结构的逻辑实现,包括机器级内的数据流和控制流的组成以及逻辑设计等。

计算机实现(computer implementation)指的是计算机组成的物理实现,它主要着重器件技术和微组装技术。

这些都属于计算机系统的内特性,这些特性对程序员来说是透明的(即程序员是看不到的)。

3. 计算机系统结构和计算机组成的区别

下面通过举例来说明什么是计算机系统结构和计算机组成。

指令系统的确定属于计算机系统结构,而指令的实现,如取指令、分析指令、取操作数、运算、送结果等的操作安排和排序属于计算机组成。因此,当两台机器指令系统相同

时,只能认为它们具有相同的系统结构。至于这两台机器如何具体实现这些指令,可以完全是不同的,也就是说它们的组成方式可以是不同的。

确定指令系统中是否要设置乘法指令属于计算机系统结构;乘法指令是采用专门的高速乘法器实现,还是靠用加法器和移位器经时序信号控制其相加和移位来实现则属于计算机组成。

主存容量与编址方式(按位、按字节还是字编址等)的确定属于计算机系统结构;而为达到性能价格要求,主存速度应为多少,采用何种逻辑结构等则属于计算机组成。

不论是过去还是现在,区分计算机系统结构与计算机组成这两个概念都是十分重要的。计算机制造商可能会向用户提供一系列系统结构相同的计算机,而它们的组成却有相当大的差别,即使是同一系列不同型号的机器,其价格和性能也是有极大差异的。例如,有3台计算机,一台计算机没有 cache,另一台计算机有单级 CPU 片外 cache,第三台计算机既有 CPU 片内 cache,又有 CPU 片外 cache。这3台计算机具有不同的组成,但它们的系统结构可能是相同的。因此,只知其结构,不知其组成,就选不好性能价格比最合适的机器。此外,一种机器的系统结构可能维持许多年,但机器的组成却会随着计算机技术的发展而不断变化。

如果两台计算机具有不同的计算机组成和相同的计算机系统结构,那么在其中一台计算机上编译后的目标程序,拿到另一台计算机上也能运行,但两者的运行时间可能不同。

4. 计算机系统结构、组成与实现三者的相互影响

相同系统结构的计算机可以因速度不同采用多种不同的组成,相同的组成也可有多种不同的实现。这都取决于计算机系统的性能、价格及器件技术的状况。

系统结构不同会影响到可用的组成技术的不同,而不同的组成又会反过来影响到系统结构的设计。因此,系统结构的设计必须结合应用来考虑,要为软件和算法的实现提供更多更好的硬件支持,同时要考虑可能采用和准备采用哪些组成技术,不能过多或不合理地限制各种组成、实现技术的采用与发展。

组成与实现可以折衷权衡,它主要取决于器件的来源、厂家的技术特长和性能价格比能否优化。应当在当时的器件技术条件下,在价格不增或只增很少的情况下,尽可能地提高系统的性能。

5. 计算机的透明性概念

在计算机中,客观存在的事物或属性从某个角度看不到,称之为“透明”。这与日常生活中的“透明”的含义正好相反。日常生活中的“透明”是要公开,让大家看得到,而计算机中的“透明”,则是指看不到。

所谓透明实际上就是指那些不属于自己管的部分。对于计算机系统结构而言,凡是编写机器语言和汇编语言程序都要用到的数据表示、指令系统、寻址方式、寄存器组织、I/O 结构、存储容量及其编址方式、中断机构、系统管态和目态间的切换、信息保护方式和机构等都是不透明的,而全部由硬件实现的部分,或是在机器语言、汇编语言编程中不会出现和不需要了解的部分都是透明的。

1.2.3 软硬件取舍与计算机系统设计思路

1. 软硬件取舍的基本原则

计算机系统结构设计主要是确定软件和硬件的功能分配。在计算机系统上,一个功能用硬件实现可以提高其执行的速度,减少程序所需要的存储空间,降低软件部分所需的成本,但同时会提高硬件部分的成本,降低硬件利用率和系统的灵活性和适应性。而用软件实现可以降低硬件成本,提高系统的灵活性、适应性,但解题速度下降,软件设计费用和所需存储器用量要增加。

确定计算机系统软硬件的功能分配比例的原则有:

- 应考虑在现有的硬件和器件条件下,如何使系统有高的性能价格比;
- 要考虑准备采用和可能采用的组成技术,使它尽可能不要过多或不合理地限制各种组成和实现技术的采用;
- 要考虑如何为编译和操作系统的实现、高级语言的编程等提供更多更好的硬件支持,以便缩短高级语言与机器语言、操作系统与计算机系统结构、程序设计环境与计算机系统结构之间存在的语义差距。

2. 计算机系统的设计思路

计算机多级层次结构有“由上往下”、“由下往上”和“由中间开始”等3种不同的设计思路。

“由上往下”设计是首先考虑如何满足应用要求,设计好应用语言机器级应具有哪些基本功能和特性,再逐级地向下设计各机器级,让每一级都优化于上一级来设计。这是一种专用计算机的设计思路,不适合于一般的通用计算机的设计。因为当应用对象改变时,会使软硬件功能分配很不适应,从而急剧降低系统的效率。

“由下往上”设计是不管应用要求,只根据已有器件、硬件状况,首先设计好微程序机器级和传统机器级,然后再为不同应用配上多种不同的操作系统和编译系统软件,依次设计上面的各个机器级。这是一种过去常用的通用机的设计思路。但由于软硬件的脱节,软件因得不到为优化软件设计所提供的硬件支持而显得十分繁杂,研制出的硬件机器的性能指标有可能是虚假的。

“由中间开始”设计,可以避免“由上往下”和“由下往上”设计所带来的软硬件设计分离和脱节的缺点。首先定义好软件和硬件功能分配的交界面,然后由这个中间点分别往下、往上进行硬件和软件的设计。这样做,不仅有利于缩短系统的研制时间,也有利于硬件和软件设计人员之间的交流协调,使软硬件之间的功能分配更为合理。在此,“中间”指的是层次结构中的软硬交界面,目前多数是在传统机器级与操作系统机器级之间。

1.2.4 结构设计要解决好软件的可移植性

1. 软件的可移植性

软件的可移植性指的是软件不用修改或只经少量的修改,就可以由一台机器移到另一台机器上去运行,使得同一套软件可以应用于不同的硬件环境。这样,过去的计算机系统上所用的大量成熟可靠的软件,特别是应用软件,就可以在新的机器上长期使用,而不

必重新编写,既大大减少了软件编制的工作量,又能迅速用上新的硬件技术,更新系统,让新系统立即发挥效能,软件设计者也能有精力去开发全新的软件。

实现软件移植的基本技术有:统一高级语言、采用系列机、模拟和仿真等。

2. 实现软件移植的技术之一——统一高级语言

统一高级语言是设计一种对各种应用领域都能获得高效率的通用高级语言。这样,在结构相同以至完全不同的机器之间,通过配上不同的语言翻译程序就可以实现高级语言应用软件的移植。

然而,目前还没有一种对各种应用真正通用的高级语言。这是因为:

- 不同的用途要求高级语言的语法和语义结构差别较大;
- 人们对统一的高级语言应当有什么样基本的结构看法不一;
- 厂家为了便于在机器上高效地翻译,在高级语言中引入了“方言”,即为节省程序空间和提高其运行速度,经常在高级源程序中嵌入汇编语言或其他语言的程序;
- 用户受习惯势力影响,不愿抛弃惯用的语言。

所有这些因素,使得在近期内难以统一出一种通用的高级语言。但从长远看,还是要研究出一种统一的通用高级语言。

3. 实现软件移植的技术之二——采用系列机

所谓系列机是指一个厂家生产的,具有相同的系统结构,但具有不同组成和实现的一系列不同型号的机器。

系列机从程序设计者的角度看具有相同的机器属性,即相同的系统结构。这里的相同是指在指令系统、数据格式、字符编码、中断系统、控制方式和输入输出操作方式等多个方面保持统一,从而保证了软件的兼容。系列机的软件兼容分为向上兼容、向下兼容、向前兼容和向后兼容4种。向上(下)兼容指的是按某档次机器编制的程序,不加修改就能运行在比它更高(低)档的机器上;向前(后)兼容是指按某个时期投入市场的某种型号机器编制的程序,不加修改就能运行在它之前(后)投入市场的机器上。图1-2形象地说明了兼容性的概念。对系列机的

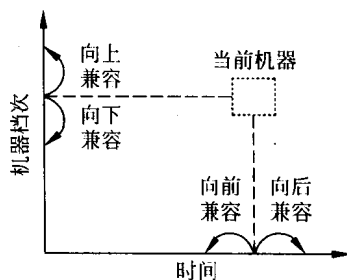


图 1-2 兼容性示意图

的软件向下和向前兼容可以不作要求,但必须保证向后兼容,力争做到向上兼容。

系列机较好地解决了软件环境要求相对稳定和硬件、器件迅速发展的矛盾。但由于系列机结构变化有限,所以到一定时候会阻碍该系列的发展。

4. 实现软件移植的技术之三——模拟和仿真

模拟和仿真能在结构不同的机器之间实现机器语言程序的移植。

用机器语言程序解释其他机器的机器指令来实现软件移植的方法称为模拟。进行模拟的机器称为宿主机,被模拟的机器称为虚拟机。模拟方法在机器指令系统差异比较大的时候,会使程序运行速度严重下降。

用微程序直接解释其他机器的机器指令来实现软件移植的方法称为仿真。进行仿真的机器称为宿主机,被仿真的机器称为目标机。仿真可以提高被移植软件的运行速度,但

机器结构差异较大时,很难仿真,须与模拟结合才行。

模拟和仿真的区别是:模拟是用机器语言程序解释,其解释程序保存在主存中;仿真用微程序解释,其解释程序保存在控制存储器中。

1.2.5 应用与器件的发展对系统结构的影响

1. 应用的发展对系统结构的影响

计算机应用对系统结构不断提出的基本要求是高的运算速度、大的存储容量和大的I/O吞吐率。

计算机应用从最初的科学计算向更高级的更复杂的应用发展,经历了数据处理、信息处理、知识处理以及智能处理这4级逐步上升的阶段。

应用需求是促使计算机系统结构发展的最根本的动力。

2. 器件的发展对系统结构的影响

由于技术的进步,器件的性能价格比迅速提高,芯片的功能越来越强,从而使系统结构的性能从较高的大型机向小型机乃至微型机下移。

器件有非用户片、现场片和用户片3类。

- 非用户片(通用片):其功能是由器件生产时固化的,任何人都不能改变器件内部功能。
- 现场片:用户可以根据需要在现场改变器件的内部功能。
- 用户片:专为用户设计的高集成度VLSI器件,又分为全用户片(全定制)和半用户片(半定制)。

器件是促使计算机系统结构发展最活跃的因素。

1.2.6 系统结构中并行性的发展及计算机系统的分类

1. 并行性

并行性是指解题中具有同时进行运算或操作的特性。开发并行性的目的是为了能并行处理,以提高计算机解题的效率。

并行性包括同时性和并发性。同时性指两个或多个事件在同一时刻发生;并发性指两个或多个事件在同一时间间隔内发生。

2. 并行性等级

根据不同的角度,并行性等级的分法也不同。

(1) 从执行程序的角度看

并行性等级从低到高可以分为:

- 指令内部并行,一条指令内部的微操作之间的并行;
- 指令之间并行,并行执行两条或多条指令;
- 任务或进程级之间,并行执行两个或多个过程或任务(程序段);
- 作业或程序级之间,在多个作业或多道程序间的并行。

(2) 从计算机系统中处理数据的角度看

并行性等级从低到高可以分为:

- 位串字串(串行单处理机);
- 位并字串(传统并行单处理机);
- 位片串字并;
- 全并行。

(3) 从计算机信息加工的步骤和阶段的角度看

并行性等级从低到高可以分为:

- 存储器操作并行(并行存储器、相联处理机);
- 处理器操作步骤并行(流水线机);
- 处理器操作并行(阵列处理机);
- 指令、任务、作业并行(多处理机、分布处理系统、计算机网络)。

3. 开发并行性的途径

在计算机系统中提高并行性能主要有 3 种途径。

(1) 时间重叠 在并行性概念中引入时间因素,让多个处理过程在时间上相互错开,轮流重叠地使用一套硬件设备的各个部分,以加速硬件周转而赢得速度。时间重叠原则上不要求重复的硬件设备。典型的例子是流水线机。

(2) 资源重复 在并行性概念中引入空间因素,通过重复设置硬件资源来提高计算机系统的可靠性或性能。典型的例子是双工系统、相联处理机和阵列处理机等。

(3) 资源共享 利用软件的方法,让多个用户按一定时间顺序轮流使用同一套资源,通过提高系统资源的利用率来提高系统的性能和效率。典型的例子是多处理机、计算机网络和分布处理系统等。

4. 系统结构的并行性发展

20 世纪 80~90 年代,在系统结构发展上影响较大的是出现了精简指令系统计算机、指令级并行的超标量处理机、超流水线处理机、超长指令字计算机、多微处理机系统、数据流计算机和智能计算机。

20 世纪 90 年代以来,计算机系统最主要的发展是大规模并行处理(MPP)。其中,多处理机和多计算机系统是其研究和开发的热点。

科学计算中的重大课题要求计算机系统具有 3T 性能,即 1 TFLOPS 的计算能力,1 TB 的主存容量和 1 TB/S 的 I/O 带宽。

5. 多机系统

多机系统包括多处理机系统和多计算机系统。

多处理机系统是由多台处理机组成的单一系统。多处理机都有自己的控制部件,可带本地存储器,能执行各自的程序,但都受逻辑上统一的操作系统控制。处理机间以文件、单一数据或向量、数组等形式交互作用,全面实现作业、任务、指令、数据各级的并行。

多计算机系统是由多台独立的计算机组成的系统。各计算机分别在逻辑上独立的操作系统控制下运行。机间可以互不通信,即使通信也只是经通道或通信线路以文件或数据集形式进行,实现多个作业间的并行。