

高等学校计算机系列丛书

计算机系统结构

李恒甫 李宇明 编著



重庆大学出版社

1/303
LHF/1

计算机系统结构

李恒甫 李宇明 编著

重庆大学出版社

内 容 简 介

计算机系统结构是计算机应用和计算机软件专业的一门专业课程。主要介绍计算机系统结构的基本概念、基本原理和基本结构。通过本课程的学习,使学生了解计算机系统结构和计算机总体设计方法、设计过程,掌握改善计算机性能的基本方法、基本技术,提高对计算机总体结构的分析能力。

全书共分七章,内容包括:系统结构引论、存储系统设计、输入输出系统、指令系统设计与寻址方式、处理机系统、多处理机系统和非冯·诺依曼型计算机。

本书适合作计算机专业大学专科 40 学时或本科 60 学时教材,也可供从事计算机硬件、计算机应用和软件开发工作的科技人员参考。

2018/25

计算机系统结构

李恒甫 李宇明 编著

责任编辑 曾令维

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆通信学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:374 千

1997年6月第1版 1997年6月第1次印刷

印数:1—6000

ISBN 7-5624-1453-X/TP·140 定价:17.00 元

序

面对知识爆炸,社会学家们几乎都开出了一个相同的药方:计算机。计算机也深孚众望,以其强大的功能,对人类作出了巨大的贡献,取得了叹观止矣的成就。自它1946年2月14日在美国费城诞生以来,至今已过“知天命”的年龄了。现在,计算机已是一个庞大的家族。如果说,它的成员占据了世界的每一个角落和每一个部门也并不过分,甚至找不到这样一个文明人,他的生活不直接或间接与计算机有关。目前,全世界计算机的总量已达数亿台,而且,现在正以每年几千万台的速度增长。

作为计算机在信息传递方面的应用,计算机加上网络,被认为是和能源、交通同等重要的基础设施。这种设施对信息的传递起着异常重要的作用。西方发达国家和我们国家对此都非常重视。例如,美国的信息高速公路计划,全球通讯的“铍”计划,我国也开始实行一系列“金”字头的国民经济管理信息化计划。这些计划中唱主角的设备便是计算机。计算机在各个方面的应用不胜枚举,我们每个人都自觉不自觉地处于计算机包围中。

计算机对社会生产来说是一个产业大户,对每个现代人来说是一种工具,对学生们来说,它是一个庞大的知识系统。面对计算机知识的膨胀,面对计算机及其应用产业的膨胀,计算机各个层次的从业人员的需要也在不断膨胀,计算机知识的教育也遍及从小学生到研究生的各个层次。

为了适应计算机教学的需要,重庆大学出版社近几年出版了大量的计算机教学用书,这一套教材就是一套适应专科层次的系列教材。我们将会看到,这一套教材以系列、配套、适用对路,便于教师和学生选用。如果再仔细研究一下,将会发现它的一系列编写特色:

1. 这些书的作者们是一些长期从事计算机教学和科研的教师,不少作者在以前都有大量计算机方面的著作出版。例如本系列书中的《Visual Fox Pro 中文版教程》的作者,十年前回国后最早将狐狸软件介绍到祖国大陆,这一本书已是他的第八本著作了。坚实的作者基础,是这套书成功的最根本的保证。

2. 计算机科学是发展速度惊人的科学,内容的先进性、新颖性、科学性是衡量计算机图书质量的重要标准,这一套书的作者们在这方面花了极大的功夫,力求让读者既掌握计算机的基础知识,又让读者了解最新的计算机信息。

3. 在内容的深度和知识结构上,从专科学学生的培养目标出发,在理论上,从实际出发,满足本课程及后续课程的需要,而不刻意追求理论的深度。在知识结构上,考虑到全书结构的整体优化,而不过分强调单本书的系统性。这样,在学过这一套系列教材后,学生们就可在浩瀚的计算机知识中,建立起清晰的轮廓,就会知道这些知识的前因后果,就会了解这些知识的前接后续。使学生们能在今后的工作实践中得心应手。

4. 计算机是实践性很强的课程,仅靠坐而论道是学习不了这些知识的。所以从课程整体设置来讲,包括有最基本的操作技能的教材。对单本书来说,在技术基础课和专业课中,都安排有一定的上机实习或实验,这样可使学生既具备一定的理论知识以利今后发展和深造,又掌握实际的工作技能胜任今后的实际工作。

编写一套系列教材,这是一个巨大的工程。这一套书的作者们,重庆大学出版社的领导和编辑们,都为此付出了辛勤的劳动。作为计算机工作者,以此序赞赏他们的耕耘,弘扬他们的成绩。

周明光

1997年6月15日

前 言

本书系计算机专业专科系列教材之一。该教材主要考虑下述 3 个方面的要求:

1. 计算机系统结构,应是一门关于计算机系统总体设计的课程。为了便于学习和掌握系统结构设计技术,需要系统介绍计算机系统的结构,包括系统结构的基本概念、基本原理、基本技术、高性能计算机的高级系统结构和非冯·诺依曼型计算机系统结构。

2. 结合专科教育面向基础、面向实际的特点,把巨大中小微型计算机系统结构有机结合在一起,加强基础,注重实际,在每介绍完一种系统结构以后,都有若干相应的计算机实例应用供读者参考。

3. 计算机系统结构迅速发展,新的系统结构不断涌现,巨型机、大型机特有系统结构迅速下移至小型机、微型机,微型计算机系统结构更新异常迅速,因此,教材中所有例证都尽可能引用高级微型计算机中的系统结构和最新技术,使之成为计算机应用系统开发人员和软件开发人员及其他有关科技人员学习和引用系统结构时的一本有用参考书。

本书力求做到内容精练,系统性强,重点突出,概念清晰。可作 40 学时或者 60 学时讲授。40 学时,带 * 号的章节可以不讲。

全书共分七章,基本内容和学习重点如下:

第一章 系统结构引论。使读者了解计算机系统结构的含义、内容和实现,系统结构发展的基本途径与因素。

第二章 存储系统设计。学习多级存储系统、并行主存系统和高速缓冲存储器的存储原理与设计方法。

第三章 输入输出系统。学习计算机系统中常用的几种输入输出方式,不同计算机系统对输入输出方式的要求,重点学习 I/O 通道和 I/O 总线。

第四章 指令系统设计与寻址方式。使读者对指令系统设计过程有一个全面了解,重点学习 CISC 和 RISC 的基本技术和基本方法。

第五章 处理机系统。使读者对各种主要的单处理机系统结构全面了解,重点学习提高单处理机性能的基本技术和方法。

第六章 多处理机系统。学习 SIMD 和 MIMD 计算机的一般概念,使读者对采用不同耦合技术组成的各种多处理机系统结构全面了解,重点学习紧耦合多处理机和作联机事务处理用的容错计算机的高级系统结构。

第七章 非冯·诺依曼型计算机。介绍非冯·诺依曼型的数据流机、归约机和人工智能计算机。

本书由李恒甫编著第一、二、三、四、五、七章,第六章及习题设计由李宇明编著,由李恒甫统稿。由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 著 者

1997 年 5 月

目 录

第一章 系统结构引论	1
§ 1.1 计算机基本结构	1
1.1.1 冯·诺依曼型计算机	1
1.1.2 多级层次结构	3
§ 1.2 计算机系统结构、组成和实现.....	4
1.2.1 系统结构	4
1.2.2 组成和实现	4
1.2.3 系统结构、组成和实现之间的关系	5
§ 1.3 系统结构的发展	5
1.3.1 冯·诺依曼结构的改进	5
1.3.2 系统结构发展的基本途径与因素	6
1.3.3 高性能和并行处理机的发展	8
1.3.4 非冯·诺依曼型计算机的发展	9
习题一.....	9
第二章 存储系统设计	11
§ 2.1 存储系统设计原理.....	11
2.1.1 存储器在计算机中的地位	11
2.1.2 存储系统的层次结构	11
2.1.3 存储器访问的局部性	13
2.1.4 存储系统的命中率.....	14
§ 2.2 并行主存系统.....	16
2.2.1 并行主存系统结构及一般工作原理.....	16
2.2.2 并行主存系统模数的确定	17
2.2.3 并行主存系统访问周期的控制	18
§ 2.3 高速缓冲存储器(Cache)	19
2.3.1 Cache 的结构与基本特性	19
2.3.2 Cache 的地址映像	21
2.3.3 Cache 的替换算法	25
2.3.4 Cache 的透明性与写入策略	26
2.3.5 长城386计算机的 Cache	28
§ 2.4 存储管理.....	34
2.4.1 主存的分区管理	34
2.4.2 主存的页式管理	35

2.4.3	主存的段式管理	36
2.4.4	段页式管理	36
§ 2.5	虚拟存储器	36
2.5.1	IBM 370系统的虚拟存储器	38
2.5.2	VAX-11计算机虚拟存储器	40
2.5.3	加快地址变换速度的硬件	44
2.5.4	长城386计算机的虚拟存储器	46
2.5.5	缺页及缺页处理	50
2.5.6	虚拟存储器工作过程	52
2.5.7	Sun-3虚拟存储器	52
§ 2.6	Cache—主存—辅存三级存储层次	55
§ 2.7	存储保护及控制	56
2.7.1	工作状态的保护	56
2.7.2	存储区域的保护	56
2.7.3	访问方式保护	59
2.7.4	主存控制部件	59
§ 2.8	相联存储器	61
2.8.1	存储器信息访问方式	61
2.8.2	相联存储器	62
习题二		63
第三章	输入输出系统	65
§ 3.1	输入输出系统基本概念	65
3.1.1	计算机系统与输入输出的关系	66
3.1.2	I/O 处理方式的发展阶段	66
§ 3.2	程序控制输入输出	68
§ 3.3	中断驱动输入输出	69
§ 3.4	直接存储器访问	69
3.4.1	DMA 的基本原理	70
3.4.2	DMA 工作过程	71
3.4.3	DMA 在计算机系统布局	71
3.4.4	80386微处理机的 DMA	74
§ 3.5	输入输出通道	75
3.5.1	输入输出通道基本原理	75
3.5.2	通道种类与通道流量	79
3.5.3	通道工作过程举例	81
§ 3.6	总线系统	83
3.6.1	总线的作用、结构与类型	83
3.6.2	总线的同步与控制	84
3.6.3	总线的判优与仲裁	87

3.6.4 总线标准	91
3.6.5 IBM PS/2微通道结构	93
§ 3.7 虚拟 I/O 方式	94
§ 3.8 外围处理机(PPU)的 I/O 系统	94
习题三	96
第四章 指令系统设计与寻址方式	98
§ 4.1 数据表示	98
4.1.1 数据表示及其确定	98
4.1.2 浮点数表示	99
4.1.3 带标志符的数据表示	100
4.1.4 向量数据表示	103
§ 4.2 寻址方式	103
4.2.1 寻址方式	103
4.2.2 地址变换	106
§ 4.3 指令系统设计及简化	107
4.3.1 指令格式设计及其优化表示	107
4.3.2 CISC 型指令系统及其优化实现	108
4.3.3 RISC 型指令系统与简化	113
习题四	115
第五章 处理机系统	116
§ 5.1 计算机系统的分类	116
§ 5.2 流水方式	118
5.2.1 流水控制方式	118
5.2.2 流水线的主要性能	124
5.2.3 流水相关处理及控制机构	129
5.2.4 流水线计算机举例	134
§ 5.3 向量处理机	143
5.3.1 向量流水处理的条件和基本要求	144
5.3.2 向量处理机的结构	145
5.3.3 提高向量处理速度的技术	147
5.3.4 向量化编译程序	149
§ 5.4 附加式数组处理机	149
5.4.1 数组处理机的组成	149
5.4.2 数组处理机的应用	152
§ 5.5 简化指令系统计算机	152
5.5.1 RISC 基本技术	152
5.5.2 RISC 技术的发展和应 用	156
5.5.3 SUN SPARC	157
5.5.4 MIPS R2000	158

*§ 5.6 超级标量计算机、超长指令字和超级流水计算机	161
5.6.1 操作并行性的概念	161
5.6.2 超级标量计算机	163
5.6.3 超长指令字计算机	165
习题五	166
第六章 多处理机系统	168
§ 6.1 多处理机的并行性	168
6.1.1 高度并行的计算机系统	168
6.1.2 多处理机系统的结构特点	169
§ 6.2 SIMD 并行处理机	171
6.2.1 并行处理机的原理和结构特点	171
6.2.2 ILLIAC IV 并行处理机	172
6.2.3 MPP 并行处理机	174
6.2.4 相联处理机	175
§ 6.3 多处理机系统的耦合度	178
§ 6.4 紧耦合多处理机系统	179
6.4.1 同构型或异构型多处理机	180
6.4.2 Cache 的一致性	180
6.4.3 Stratus 连续处理计算机系统	182
6.4.4 STARLET 多机系统	182
§ 6.5 互连网络	185
6.5.1 互连网络的特征	185
6.5.2 多计算机系统的互连网络	185
6.5.3 紧耦合多处理机的互连网络	187
*§ 6.6 通用计算机构成的共享存储器的多处理机系统	193
6.6.1 IBM 370系列多处理机	193
6.6.2 IBM 3033多处理机	194
*§ 6.7 容错计算机	195
6.7.1 松耦合多处理机构成的容错计算机	195
6.7.2 紧耦合多处理机构成的容错计算机	197
6.7.3 Tandem“不停顿”系统	197
6.7.4 Stratus 容错计算机	198
§ 6.8 多处理机操作系统	200
习题六	201
第七章 非冯·诺依曼型计算机	202
§ 7.1 面向对象程序设计的计算机	202
7.1.1 面向对象的程序设计	202
7.1.2 面向对象的程序设计语言的计算机结构	204
§ 7.2 数据流计算机	206

7.2.1 关于数据驱动的概念和数据流计算机基本原理	206
7.2.2 数据流程图及其语言	209
7.2.3 数据流计算机的结构	214
7.2.4 数据流机的问题	219
§ 7.3 面向函数程序设计的归约机	220
7.3.1 函数式程序设计语言	220
7.3.2 面向函数程序设计的归约机	221
§ 7.4 智能信息处理与智能计算机	225
7.4.1 智能信息处理与智能机	225
7.4.2 智能机的基本结构	226
7.4.3 智能程序设计语言	228
习题七	229
参考文献	230

第一章 系统结构引论

§ 1.1 计算机基本结构

1.1.1 冯·诺依曼型计算机

冯·诺依曼型计算机结构是由冯·诺依曼等人在1946年总结当时计算机研究成果后提出的“存储程序”思想的一种概念性结构。它由运算器、主存储器、控制器、输入设备和输出设备5部分组成。如图1.1所示。

冯·诺依曼型计算机的主要特点有：

(1) 机器以运算器为中心。输入、输出设备与存储器之间的数据传送都要途经运算器。各部分的操作及相互间的联系由控制器集中控制。

(2) 采用存储程序原理。事先将程序和数据存放在存储器中，运行时按其指令顺序一条一条取出执行。运算器中的指令和数据不加区别，都可同等地参加运算。因此，由指令组成的程序在运行过程中是可修改的。

(3) 存储器是一个按地址访问的顺序、线性编址的一维空间。各单元的位数固定。

(4) 存储器中的指令按其执行顺序存放，被执行指令的地址由指令计数器控制。在顺序执行环境下每执行完一条指令，指令计数器的值自动加1。当然，它也可以由程序执行结果来改变指令计数器的值，从而改变指令的执行顺序。

(5) 指令由操作码和地址码两部分组成。操作码指出本条指令的操作类型，地址码指出存放操作数和操作结果的地址。操作数本身无数据类型标志，其类型通过操作码的操作类型指出。

(6) 数据以二进制编码，采用二进制运算。

(7) 采用软件、硬件分离。硬件结构采用固定性逻辑，且其功能不变。软件功能依据不同应用的需要通过程序设计来适应各种环境要求。

冯·诺依曼型计算机结构，奠定了现代计算机的发展基础，对高性能计算机发展起了很大作用。

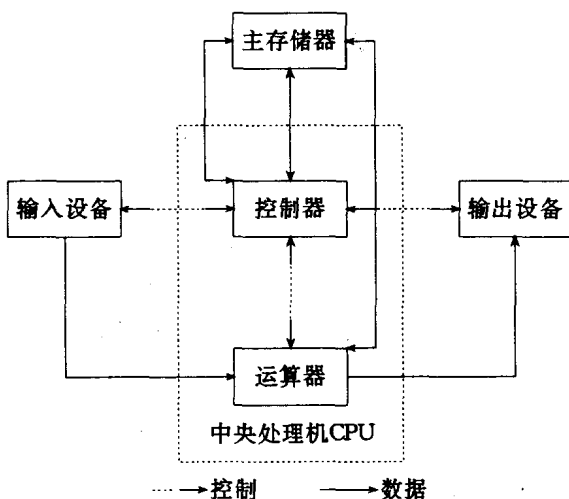


图1.1 冯·诺依曼机结构

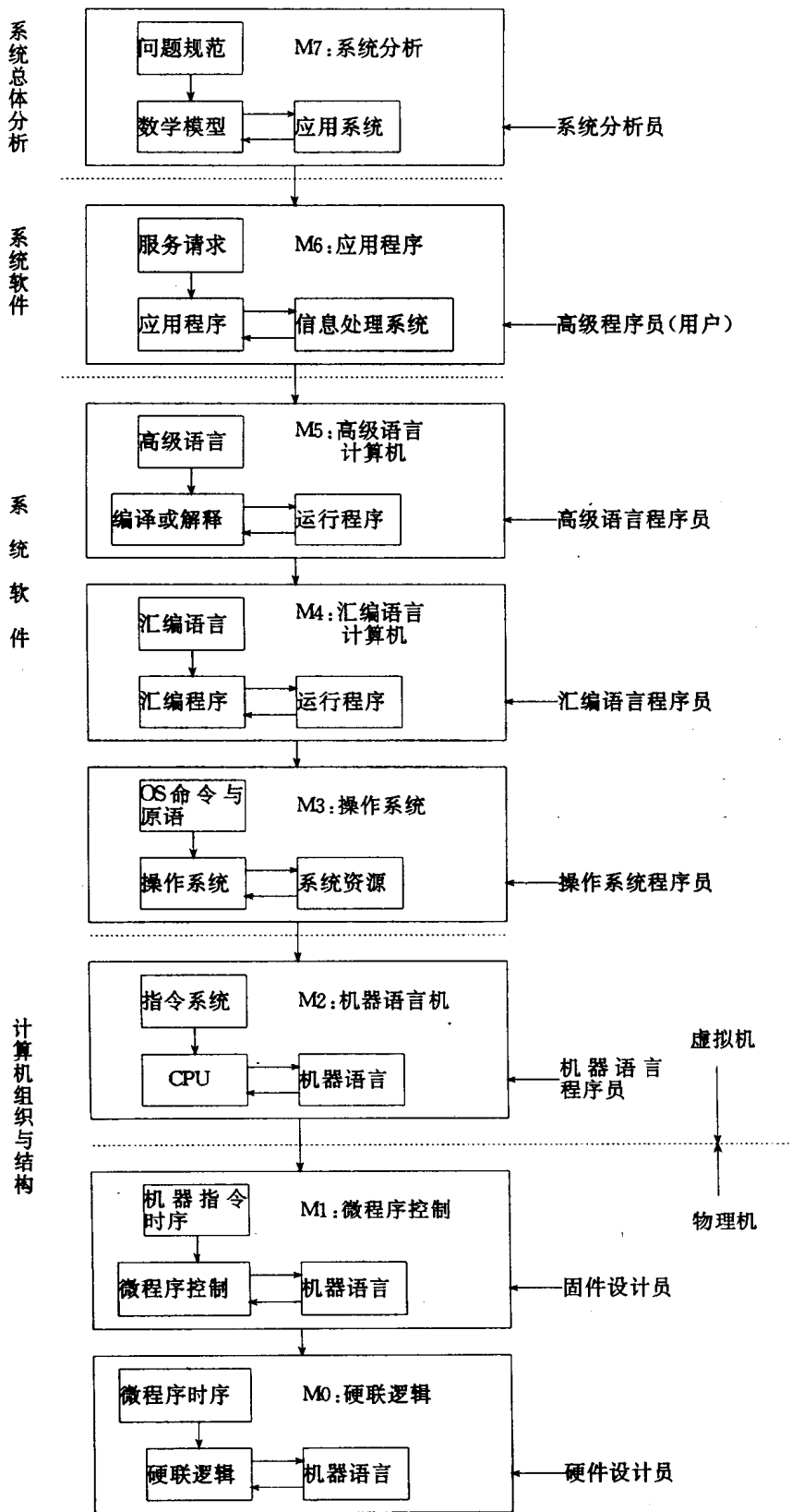


图1.2 计算机多级层次结构

1.1.2 多级层次结构

根据冯·诺依曼型计算机结构可知,计算机系统是由硬件器件和软件组成的。现代计算机中按其软硬件功能可把计算机系统划分成多级层次结构,如图 1.2 所示。这样做有三个目的:①有利于正确理解计算机系统的工作,明确软件、硬件、固件在计算机系统中的地位 and 作用;②便于理解各种语言的实质和实现;③便于探索虚拟机新的实现方法、设计新的计算机系统。

多级层次结构中每一级对应一种虚机器,其作用和组成如图 1.3 所示。在这里,虚机器只对一定观察者存在。它的功能由广义语言实现。广义语言有两种执行方式。一种经解释器直接解释执行;另一种经编译器编译执行,然后作用在信息处理和作用对象上。某一层次的观察者,只是通过本层次语言来了解和使用的计算机,不必关心内层机器如何工作、如何实现各自的功能。

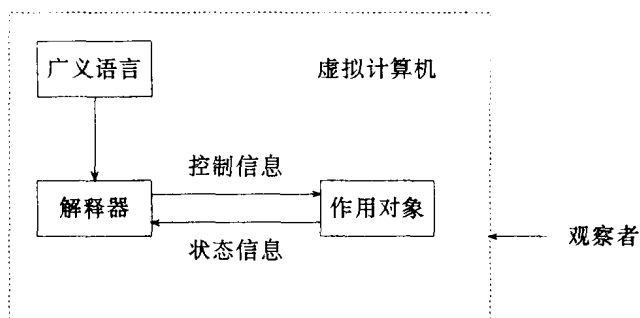


图 1.3 虚拟器的作用和组成

图 1.2 中的第 0 级机器由硬件实现,第 1 级机器由微指令(固件)实现,第 2 级至第 6 级机器由软件实现。为区别硬件或固件实现的实际机器,把由软件实现的机器称为虚拟机。虚拟机建立在实际机器之上,由实际机器解释执行。

第 0 级和第 1 级是具体实现机器指定功能的中央控制部分。它根据各种指令操作所需要的控制时序,配备一套微指令,由微程序控制信息在各寄存器之间传送,这就是第 1 级机器。实现这些微指令本身的控制时序所需的逻辑线路,由硬联逻辑实现,它就是第 0 级机器,是机器的硬件内核。

第 2 级是传统机器语言机,其机器语言是该机的指令系统。机器语言程序员使用本级指令系统编写的机器语言程序由第 1 级微程序进行解释。

第 3 级是操作系统机。操作系统程序员使用的操作系统指令,大部分是传统机器的指令,少部分是操作系统级专用指令。例如打开文件、读/写文件、关闭文件等指令。用操作系统级语言编写的程序中,属于传统机器指令的直接由微程序实现,属于操作系统专用指令的,由操作系统解释执行。实际上操作系统是运行在第 2 级上的解释程序。

第 4 级是汇编语言机,该级的机器语言是汇编语言程序。汇编语言程序员使用汇编语言编写的程序,首先翻译成第 3 级或第 2 级语言,然后再由相应的虚拟机进行解释。完成翻译的程序叫做汇编程序。

第 5 级是高级语言机,该级机器语言是各种高级语言。高级语言程序是用高级语言编写的程序,通常是由编译程序翻译为第 4 级或第 3 级上的语言,个别的高级语言也用解释方法实现。

第 6 级是应用语言机。本级机器语言是应用语言。这种语言使非计算机专业人员也能直接使用计算机。只要在用户终端上使用键盘或其它方式发出服务请求,就能进入第 6 级的信息

处理系统。信息处理系统由高级语言进行解释。

计算机多级层次结构除了按功能划分以外,也可按学科领域划分。按后者划分,则可将第0级至第1级认为是计算机组织与结构所讨论的范围。第3级至第5级是系统软件,第6级是应用软件的范畴。当然,这种分层方法并不是严格定义的,它们之间往往存在一定的交叉。例如,第0级要求一定的数字逻辑基础,第2级涉及汇编语言程序设计的内容,第3级与计算机系统结构密切相关。在特殊计算机系统中,有些级别也有可能不存在。

§ 1.2 计算机系统结构、组成和实现

1.2.1 系统结构

计算机系统结构也称计算机体系结构。系统结构这个词,是 Amdahl 在 1964 年介绍 IBM360 系统时提出的,自 70 年代起这个概念已被广泛采用。它所研究的内容既涉及计算机硬件,也涉及计算机软件,现已成为连接硬件和软件的一门学科。

人们早期给计算机系统结构定义的内容比较窄。认为计算机系统结构是程序员所看到的一个计算机系统的属性,即概念性结构和功能特性。这个定义只局限于系统软件设计者所看到的计算机属性,即指令系统及其执行模式,包括通用寄存器、数据表示、程序状态字、存储器的组成和寻址技术、中断、输入输出机制等。在多级层次结构中,不同层次的程序设计者所看到的计算机属性是不同的。对于高层次的程序员一般不需了解低层次程序员所需了解的机器属性。

随着计算机技术的发展,计算机中硬件与软件的结合越来越紧密,计算机系统结构的含义,不仅应包括软件开发人员所关心的指令系统和实现模式,而且还应包括计算机设计人员所看到的属性。为了区别这两种属性,人们把软件开发人员看到的属性称为系统结构,后者称为计算机组成和实现。

1.2.2 组成和实现

计算机系统结构的主要任务是确定软件、硬件的界面和进行软、硬件功能分配。计算机组成就是计算机系统结构的逻辑实现,组成的主要任务是在系统结构确定分配给硬件子系统的功能及其概念性结构之后,研究各组成部分的内部构造和相互联系,以实现机器指令级的各种功能。包括各功能部件的配置、相互连接和相互作用,机

器内的数据流和控制流的组成和逻辑设计,机器内各事件的排序方式与控制机构等。计算机组成设计的目的是按期望的性能价格比,以最佳、最合理的方式把各种设备和部件组成计算机,以实现所定的系统结构。组成设计的内容包括数据通路宽度的确定,各种操作对功能部件共享程序度的确定,专用部件的确定,功能部件的并行性确定,缓冲器和排队的确定,控制机构的设计,可靠性技术的确定等。

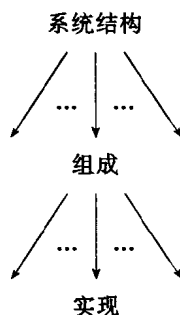


图1.4 系统结构、组成和实现的相互关系

计算机实现,是指计算机组成的物理实现。它包括处理机、主存等部件的物理结构,器件的集成度和速度,信号传输,器件、模块、插件、底板的划分与连接,专用器件的设计,电源、冷却、装配等技术以及有关的制造技术和工艺等。

1.2.3 计算机系统结构、组成和实现之间的关系

计算机系统结构、计算机组成和计算机实现是三个不同的概念。系统结构是计算机系统结构的软、硬件界面;计算机组成是计算机系统结构的逻辑实现;计算机实现是计算机组成的物理实施。它们之间既有区别,又相互关联,如图 1.4 所示。系统结构、组成和实现三者的区别,除它们各自所包含的内容不同外,它们的设计目标也是各自不同的。系统结构设计主要围绕概念性结构进行,关心的是采用怎样的软硬件功能分配才能为软件设计人员提供更合适的机器;计算机组成设计主要围绕提高速度进行,关心的是采用何种组成技术才能获得比较高的机器速度;计算机实现则围绕器件技术和微程序组装技术进行,关心的是器件设计和选定,逻辑电路设计和微程序组装技术的选定。系统结构、组成和实现三者的关系可用下述三例说明。

例 1,系统结构设计者设计指令系统。组成设计者把指令的实现,分解为取指、取数、执行和结果送存等具体操作步骤,并按顺序、重叠、并行等多种组成方式来提高指令执行速度。计算机实现则按选定的组成方式确定指令功能的具体电路、器件设计和组装技术。

例 2,系统结构设置一条乘法指令。计算机组成在选择乘法器时有两种组成方式。一种采用专用乘法器实现,另一种利用加法器采用重复加和右移操作实现;计算机实现,则按确定的组成方式进行器件选择以确定乘法器、加法器的物理实现。

例 3,计算机系统的系统结构确定主存系统容量和编址方式。逻辑实现的系统结构可以采取逻辑结构措施和采用多体交叉并行主存系统来提高主存速度。物理实现的系统结构则按确定的组成技术,进行存储器选定、逻辑电路设计、微组装技术选定。

这些例子说明,一定的系统结构决定一定的组成,一定的组成决定一定的实现技术。不同系统结构要求不同的组成和实现,反之,组成和实现技术的发展又会促进系统结构的发展。在一种系统结构下有多种组成选择,一种组成也有多种实现。同一系统结构由于采用的组成技术和实现工艺不同,其性能相差可达 100 倍以上,这就构成各种性能不同、档次不同的系列机。例如 IBM 360、370、4300 系列。同一系列内各档机的系统结构是相同的。其它系列机还有 PDP-11 系列、VAX 系列等。另一方面,由于组成和实现技术的发展,反过来又会促进系统结构发展。例如高速缓冲存储器,最初是作为组成和实现技术提出来的,因为它对系统结构影响较大,后来被作为系统结构的一部分而使系统结构得到了发展。由图 1.4 还可发现,组成设计上取决于系统结构,不受实现技术限制。但它不是被动的。

§ 1.3 系统结构的发展

1.3.1 冯·诺依曼结构的改进

冯·诺依曼型计算机是 1945 年在当时的技术水平和环境下提出的。随着器件、软件技术的发展和数值处理领域的开拓,40 多年来,冯·诺依曼型计算机已经有了很大改进。例如,

在它的六个基本特点中,可以采用数据描述符来指明数据的属性,区分指令和数据而突破第一个特点;用按内容访问的相联存储器和不要地址的堆栈而突破其第二个特点;运用多处理机系统可同时执行多条指令而突破第四个特点;用数据流计算机突破由指令计数器依次指明执行指令的单元地址;现代计算机,存储器有多个端口可以直接接受输入输出设备和运算器的读写数据而突破以运算器为中心的特点;采用十进制数运算而突破以二进制表示的数据运算,等等。

1.3.2 系统结构发展的基本途径与因素

1. 推动系统结构发展的原因

1)要求增大系统的处理能力。随着计算机应用领域的扩大,一般都迫切要求提高系统的处理能力,降低机器价格。从50年代起,计算机性能价格比是每10年提高约100倍。

2)要求提高软件生产率。由于软件开发周期与机器发展速度差距很大,计算机程序开发的生产率每10年只提高2倍左右,随着应用领域的扩大,要求能够有大幅度提高软件生产率的结构。

3)不断改进系统结构,以适应新的应用领域要求。

4)改进人机接口,促进人机交往的智能化。

5)从系统结构技术上满足高可靠性要求,促进了容错计算机的发展。

2. 影响系统结构发展的因素

对系统结构发展影响最大的因素,主要是软件、应用和器件3个因素。

1)软件对系统结构发展的影响,包括两个方面:一方面软件的专用算法,促进了专用计算机系统结构的发展,例如,MPP位平面阵列处理机、BSP科学计算机等。另一方面软件又制约系统结构发展。这是因为系统结构所提供的软件运行环境有一定生存期。系统结构改变了,软件运行环境也将随之改变,软件运行环境改变了,原来的程序就不能在机器上正确执行。为了适应系统结构的变化,软件设计者就不得不重新设计或研制大量的新配套软件。事实上由于软件生产率比较低,每10年才提高两倍多,而且也不应该在短时间内频繁地按新的系统结构、新的指令系统去重新设计其系统软件和应用软件。解决这一问题的有效办法是维持系统结构的运行环境不变,采取软件可移植性(即软件兼容性)技术,使同一软件可以应用于不同的运行环境。实现软件兼容性的方法有3种。

①所有系统所有软件采用统一的高级语言。由于语言的标准化问题一下子难于统一,目前这一方法还难于实现。

②采用系列机思想。就是为了使软件长期稳定,在相当长的时期内保持系列机的系统结构基本不变,硬件设计者根据机器速度、性能、价格的不同,选择不同器件,采用不同的硬件技术、组成技术和实现技术,研制和提供不同档次的机器。把同一公司内具有相同系统结构的各档机器称为系列机;把不同公司厂家生产的具有同一系统结构的计算机,称为兼容机。系列机的思想,成功地解决了系统结构的发展与软件的矛盾,也对计算机工业的迅速发展起了很好的推动作用。

③采用模拟与仿真技术,实现不同系统结构机器间的软件兼容。仿真,就是用一种机器的微程序直接解释执行另一种机器指令系统的方法,它适用于使用频繁且易于仿真的机器指令。模拟,就是用一种机器的机器语言所编写的模拟程序,直接解释他机的机器语言的方法,它适