

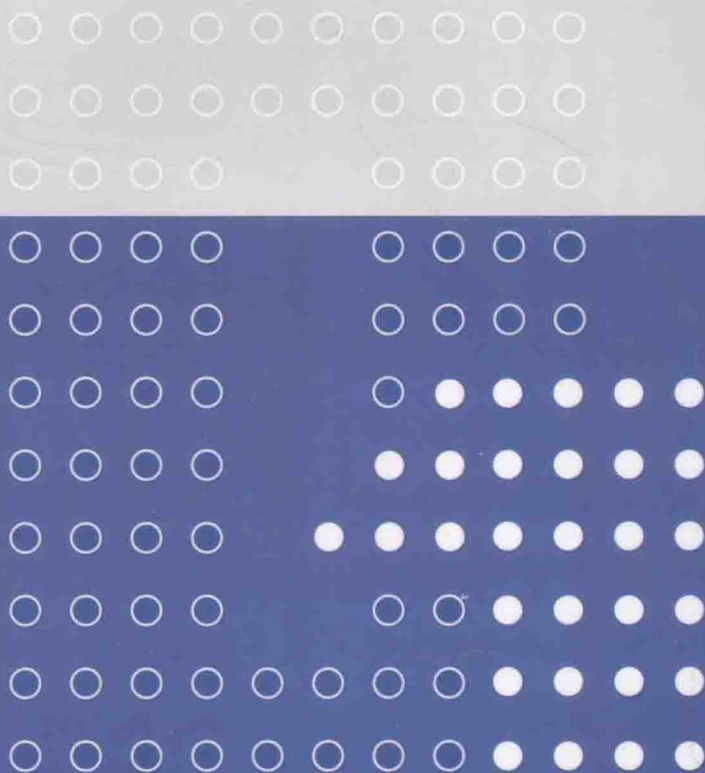


普通高等教育“十一五”国家级规划教材 计算机系列教材



高等学校计算机教材建设立项项目

计算机体系结构 简明教程



李本珊 马忠梅 郑宏 编著



清华大学出版社



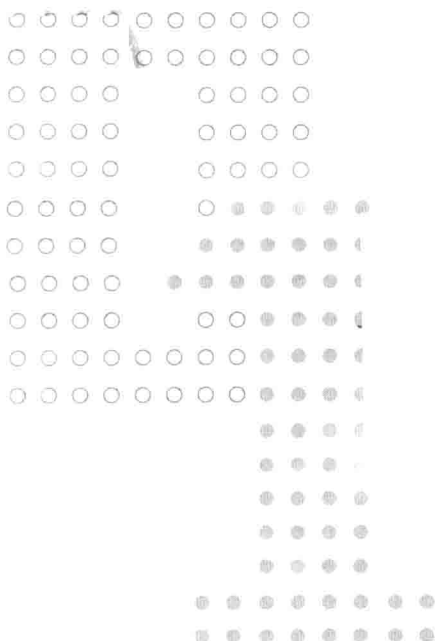
普通高等教育“十一五”国家级规划教材 计算机系列教材



高等学校计算机教材建设立项项目

蒋本珊 马忠梅 郑宏 编著

计算机体系结构 简明教程



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地讲述了计算机体系结构的基本概念、基本原理、基本结构和基本分析方法,同时还介绍了 ARM 公司 RISC 嵌入式处理器体系结构和 Intel 公司嵌入式处理器和多核处理器等新内容。

全书共分 7 章,第 1 章讲述计算机系统结构的基本概念,第 2 章讲述数据表示与指令系统,第 3 章讲述输入/输出系统,第 4 章讲述存储体系,第 5 章讲述流水线和向量处理机,第 6 章讲述并行处理机和互连网络,第 7 章讲述多处理机和多计算机。

本书内容简明,通俗易懂,每章都附有学习指南和习题。

本书可作为高等院校计算机及相关专业的教材,也可以作为参加各类相关考试考生的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机体系结构简明教程/蒋本珊,马忠梅,郑宏编著. —北京:清华大学出版社,2015

计算机系列教材

ISBN 978-7-302-39117-3

I. ①计… II. ①蒋… ②马… ③郑… III. ①计算机体系结构—高等学校—教材 IV. ①TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 017672 号

责任编辑:张瑞庆 薛 阳

封面设计:常雪影

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16.5

字 数:380 千字

版 次:2015 年 4 月第 1 版

印 次:2015 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00 元

产品编号:058886-01

计算机体系结构又称计算机系统结构。计算机体系结构是高等院校计算机专业本科生的必修内容,学习目的是以全面、系统的观点来认识计算机系统,掌握分析和设计计算机系统的方法,同时加强对其他专业知识的理解。

目前,对于计算机体系结构课程的设置,国内高校有两种情况:

- (1) 单独设课,其前导课程为计算机组成原理,课程学时数一般不多。
- (2) 不单独设课,内容与计算机组成原理课程合并,统称为计算机组成与结构。

《计算机体系结构简明教程》一书针对单独设课的情况,主要围绕“研究软硬件功能分配,以及如何最佳、最合理地实现分配给硬件的功能”这个中心,着重介绍基本概念、基本原理、基本结构和基本分析方法。

本书共分7章,包括计算机系统结构基础、数据表示与指令系统、输入/输出系统、存储体系、流水线和向量处理机、并行处理机和互连网络、多处理机和多计算机等章节,力求反映近几十年来在体系结构上的重要进展和现代计算机系统的发展中的一些新技术和新的分析、设计方法。

目前国内计算机体系结构方面的教材不少,但教材内容普遍偏多、偏深、偏难,随着教学课时的减少,教材内容与教学学时之间差距较大。本书强调“简明”两字,尽可能压缩内容,突出计算机系统结构的经典内容,以适应大多数学校的教学要求。同时,由于“计算机系统结构”是计算机领域中一个重要的二级学科,本书的相关内容在硕士学位研究生入学的综合考试中多有涉及。本书尽可能通俗易懂,适合自学,以适应相关考生的需要。

本书的最大特色和创新点在于,首次将移动终端广泛使用的ARM公司RISC嵌入式处理器体系结构实例内容加入书中,还增加了Intel公司嵌入式处理器和多核处理器等新内容。随着移动互联网的发展,移动终端和多核处理器已经普及,这些新内容的加入使得本书不仅具有先进性,同时具有实用性。本书的每一章前都增加了学习指南,可以帮助读者了解各章的学习要求和重点、难点。

本书的第1~3章由蒋本珊编写,第4~6章由马忠梅编写,第7章由郑宏编写。本书在写作过程中还得到了Intel和ARM公司大学计划和工程师的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于作者的水平有限,书中难免存在着疏误或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2014年12月

第1章 计算机系统结构的基本概念 /1

- 1.0 学习指南 /1
- 1.1 计算机系统的多层次结构 /2
- 1.2 计算机系统结构、组成与实现 /4
 - 1.2.1 计算机系统结构、组成、实现的定义 /4
 - 1.2.2 计算机系统结构、组成和实现的相互关系 /6
- 1.3 软硬件取舍与计算机系统的设计思路 /6
 - 1.3.1 软硬件取舍的基本原则 /6
 - 1.3.2 计算机系统的设计思路 /7
- 1.4 计算机设计的量化准则 /8
 - 1.4.1 计算机系统设计的定量原理 /8
 - 1.4.2 衡量计算机系统性能的主要标准 /10
 - 1.4.3 计算机性能的比较 /11
 - 1.4.4 计算机系统的性能评价 /13
- 1.5 对系统结构的影响因素 /14
 - 1.5.1 软件对系统结构的影响 /14
 - 1.5.2 器件和应用对系统结构的影响 /17
- 1.6 系统结构中的并行性 /18
 - 1.6.1 并行性概念 /18
 - 1.6.2 并行处理系统的结构与多机系统的耦合度 /20
- 1.7 计算机系统的分类 /21
 - 1.7.1 Flynn 分类法 /21
 - 1.7.2 其他分类法 /22
- 习题1 /25

第2章 数据表示与指令系统 /28

- 2.0 学习指南 /28
- 2.1 数据表示 /29
 - 2.1.1 数据表示与数据结构 /29
 - 2.1.2 高级数据表示 /29

2.1.3	引入数据表示的原则	/34
2.2	寻址方式	/34
2.2.1	寻址方式分析	/34
2.2.2	间接寻址方式与变址寻址方式的比较	/36
2.2.3	程序在主存中的定位技术	/38
2.3	指令系统的设计和优化	/39
2.3.1	指令操作码的优化	/39
2.3.2	指令字格式的优化	/43
2.4	指令系统的发展和改进	/44
2.4.1	CISC 和 RISC	/44
2.4.2	按 CISC 方向发展与改进指令系统	/44
2.4.3	按 RISC 方向发展与改进指令系统	/45
2.4.4	设计 RISC 的关键技术	/48
2.5	典型的 RISC 处理器	/53
2.5.1	ARM 嵌入式处理器	/53
2.5.2	MIPS 嵌入式处理器	/55
2.6	Intel 嵌入式处理器	/56
2.6.1	Atom 处理器	/56
2.6.2	Quark 处理器	/57
习题 2		/58

第 3 章 输入/输出系统 /61

3.0	学习指南	/61
3.1	输入/输出系统概述	/61
3.2	磁盘阵列	/62
3.2.1	RAID 简介	/62
3.2.2	RAID 的分级	/63
3.3	总线设计	/65
3.3.1	总线特点	/65
3.3.2	总线的数据宽度	/66
3.3.3	总线定时控制	/67

- 3.3.4 总线的集中仲裁方式 /68
- 3.3.5 总线的分布仲裁方式 /70
- 3.4 通道处理机 /71
 - 3.4.1 通道的作用和功能 /71
 - 3.4.2 通道工作过程 /72
 - 3.4.3 通道的类型 /73
 - 3.4.4 通道中的数据传送过程 /75
 - 3.4.5 通道的流量分析 /77
- 习题3 /79

第4章 存储体系 /82

- 4.0 学习指南 /82
- 4.1 存储体系概念和并行存储系统 /83
 - 4.1.1 存储体系的引出 /83
 - 4.1.2 并行存储系统 /84
 - 4.1.3 存储体系定义和分支 /87
 - 4.1.4 存储体系的性能参数 /89
 - 4.1.5 双口RAM /93
- 4.2 虚拟存储系统 /94
 - 4.2.1 虚拟存储管理方式 /94
 - 4.2.2 页式虚拟存储系统构成 /100
 - 4.2.3 页式虚拟存储系统实现中的问题 /109
- 4.3 高速缓冲存储器 /113
 - 4.3.1 Cache存储系统基本结构 /114
 - 4.3.2 地址映像和变换 /115
 - 4.3.3 替换算法的实现 /123
 - 4.3.4 Cache的透明性及性能分析 /125
- 4.4 Cache-主存-辅存三级层次 /129
- 4.5 ARM存储系统 /130
- 习题4 /131

第 5 章 流水线和向量处理机 /136

5.0 学习指南 /136

5.1 重叠方式 /137

5.1.1 重叠原理和一次重叠 /137

5.1.2 相关处理 /139

5.2 流水方式 /143

5.2.1 基本概念 /143

5.2.2 流水线处理机的主要性能 /147

5.2.3 流水线调度 /152

5.2.4 流水机器的相关处理和控制机构 /156

5.3 向量的流水处理与向量流水处理机 /159

5.3.1 向量的流水处理 /159

5.3.2 向量流水处理机 /161

5.4 指令级高度并行的超级处理机 /163

5.4.1 超标量处理机 /163

5.4.2 超流水线处理机 /166

5.4.3 超标量超流水线处理机 /169

5.4.4 三种指令级并行处理机性能比较 /172

5.4.5 超长指令字处理机 /174

5.5 ARM 流水线处理器举例 /174

习题 5 /176

第 6 章 并行处理机和互连网络 /181

6.0 学习指南 /181

6.1 并行处理机原理 /182

6.1.1 并行处理机定义及特点 /182

6.1.2 阵列处理机的构形与特点 /182

6.2 阵列处理机的并行算法 /184

6.3 互连网络的基本概念 /190

6.3.1 互连网络的设计目标及互连函数 /190

6.3.2 设计互连网络时应考虑的问题 /192

6.4 互连网络的种类 /193

- 6.4.1 静态互连网络 /193
- 6.4.2 循环互连网络 /195
- 6.4.3 基本的单级互连网络 /196
- 6.4.4 多级互连网络 /198
- 6.4.5 全排列网络 /203
- 6.5 并行存储器的无冲突访问 /204
- 习题 6 /206

第 7 章 多处理机与多计算机 /209

- 7.0 学习指南 /209
- 7.1 多处理机概念 /210
 - 7.1.1 多处理机定义 /210
 - 7.1.2 多处理机分类 /211
 - 7.1.3 多处理机特点和主要技术问题 /211
- 7.2 多处理机结构 /213
 - 7.2.1 共享存储器结构 /213
 - 7.2.2 分布式存储器结构 /218
 - 7.2.3 大规模并行处理机 /219
 - 7.2.4 机群 /220
- 7.3 多核处理器 /225
 - 7.3.1 多核处理器定义与结构 /225
 - 7.3.2 Intel 多核处理器 /227
 - 7.3.3 AMD 多核处理器 /229
 - 7.3.4 ARM 多核处理器 /230
- 7.4 多处理机的多 Cache 一致性 /232
 - 7.4.1 存储器一致性定义 /232
 - 7.4.2 多 Cache 一致性问题的产生 /232
 - 7.4.3 多 Cache 一致性问题解决方法 /234
- 7.5 多处理机的机间互连形式 /239
- 7.6 程序并行性 /241
 - 7.6.1 并行算法 /241
 - 7.6.2 程序段间的相关性分析 /242

7.6.3	并行程序设计语言	/243
7.7	多处理机的性能	/244
7.7.1	基本模型	/245
7.7.2	N 台处理机系统的基本模型	/246
7.8	多处理机的操作系统	/248
7.8.1	主从型操作系统	/248
7.8.2	各自独立型操作系统	/249
7.8.3	浮动型操作系统	/249
	习题 7	/250
	参考文献	/252

第 1 章 计算机系统结构的基本概念

本章着眼于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,为进一步深入学习后续各章打好基础。

1.0 学习指南

1. 知识点和学习要求

- 计算机系统的多级层次结构。

了解多级层次结构以及各机器级所处的相对位置。

了解实际机器和虚拟机器的概念。

领会翻译和解释两种机器级语言实现方法的特点。

- 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,各自研究的方面和内容。

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。

- 软硬件的取舍与计算机系统的设计思路。

掌握在功能分配中软件、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。

- 系统结构的评价标准。

掌握 Amdahl 定律和衡量计算机系统性能的主要指标。

了解计算机系统的性能评价方法。

- 软件对系统结构的影响。

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、模拟和仿真三种技术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。

- 系统结构中的并行性。

领会并行性的定义,并行性的二重含义和开发并行性的三种途径。

掌握各种并行性等级的划分和并行性级别高低的顺序。

了解计算机系统沿三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。

- 计算机系统的分类。

掌握计算机系统的弗林(Flynn)分类法,了解库克、冯泽云、汉德勒等分类法。

2. 重点与难点

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;
- 软件可移植性的技术途径、方法、适用场合、存在问题;
- 与并行性有关的概念;
- 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。

1.1 计算机系统的多层次结构

现代计算机系统是一个硬件与软件组成的综合体,可以把它看成按功能划分的多级层次结构,如图 1-1 所示。对于一个具体的计算机系统,层次的多少会有所不同。

第 0 级是硬级联(简称硬联)逻辑级,由门、触发器等逻辑电路组成。

第 1 级是微程序级。这级的机器语言是微指令集,用微指令编写的微程序一般是直接由硬件执行的。

第 2 级是传统机器级。这级的机器语言是该计算机的指令集,用机器指令编写的程序可以由微程序进行解释。

第 3 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 4 级是汇编语言级。这级的机器语言是汇编语言,完成汇编语言翻译的程序叫作汇编程序。

第 5 级是高级语言级。这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 6 级是应用语言级。这一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。

把计算机系统按功能划分成多级层次结构,有利于正确理解计算机系统的工作过程,明确软件、硬件在计算机系统中的地位 and 作用。

在图 1-1 的多级层次结构中,对每一个机器级的用户来说,都可以将此机器级看成一台独立的使用自己特有的“机器语言”的机器。实际机器是指由硬件或固件实现的机器,如图 1-1 中的第 0~第 2 级所示,这里所说的固件(Firmware)是一种具有软件功能的硬件,例如微程序固化在只读存储器中就是一种固件。虚拟机器(简称虚拟机)是指用软件或以软件为主实现的机器,如图 1-1 中的第 3~第 6 级。

所谓虚拟计算机是指这个计算机只对该级的观察者存在。对某一层次的观察者来

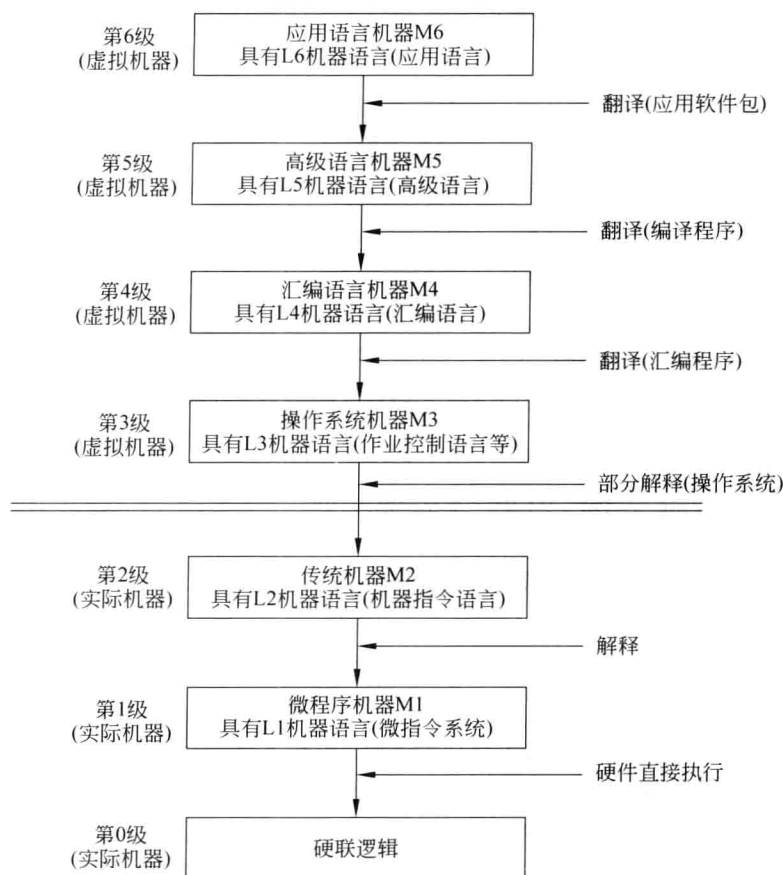


图 1-1 计算机系统的多层次结构

说,它只能是通过该层次的语言来了解和使用计算机,至于下层是如何工作和实现的不必关心了。

各机器级的实现主要靠翻译或解释,或者是这两者的结合。翻译(Translation)是先用转换程序将高一级机器级上的程序整个地变换成低一级机器级上可运行的等效程序,然后再在低一级机器上实现的技术。解释(Interpretation)则是在低一级机器级上用它的一串语句或指令来等效高一级机器上的一条语句或指令的功能,通过对高一级机器语言程序中的每条语句或指令逐条解释来实现的技术。一般来说,解释执行比翻译花的时间多,但占用的存储空间较少。

在多层次结构中,通常第1、第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。

软件和硬件在逻辑功能上是等效的。软件的功能可用硬件或固件完成,硬件的功能也可用软件模拟完成,只是性能、价格、实现的难易程度不同而已。具有相同功能的计算机系统,其软件、硬件功能分配比例可以在很宽的范围内变化,如图1-2所示。这种分配比例随不同时期及同一时期的不同机器动态地改变。

计算机系统结构设计者的主要任务就是要确定软硬件的分界;软件、硬件和固件的功

能分配。

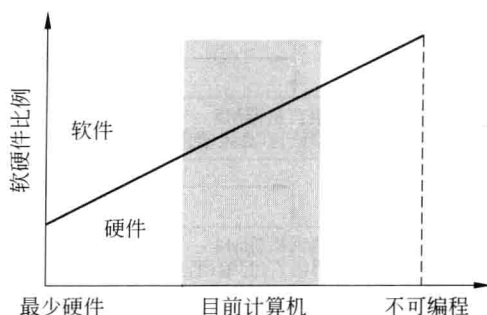


图 1-2 计算机系统的软件、硬件功能分配

1.2 计算机系统结构、组成与实现

1.2.1 计算机系统结构、组成、实现的定义

计算机体系结构(Computer Architecture)俗称计算机系统结构。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 Apple II 两种机器看成同一属性的机器；但对使用汇编语言编程的程序员来说，IBM PC 与 Apple II 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界面的确定，界面之上的功能包括操作系统级、汇编语言级、高级语言级和应用语言级中所有软件的功能，界面之下的功能是硬件和固件的功能。

就通用机而言，计算机系统结构的属性包括：

- (1) 硬件能直接识别和处理的数据类型和格式等的表示；
- (2) 最小可寻址单位、寻址种类、地址计算等的寻址方式；
- (3) 通用/专用寄存器的设置、数量、字长、使用约定等的寄存器组织；
- (4) 二进制或汇编级指令的操作类型、格式、排序方式、控制机构等的指令系统；
- (5) 内存的最小编址单位、编址方式、容量、最大可编址空间等的存储系统组织；
- (6) 中断的分类与分级、中断处理程序功能及入口地址等的中断机构；
- (7) 系统机器级的管态和用户态的定义和切换；
- (8) 输入输出设备的连接、使用方式、流量、操作结束、出错指示等的机器级 I/O

结构;

(9) 系统各部分的信息保护方式和保护机构。

可以看出,机器级内部的数据流和控制流的组成,逻辑设计和器件设计等都不包括在计算机系统结构中。

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。它着眼于机器级内各事件的排序方式与控制机构、各部件的功能及各部件间的联系。计算机组成设计要解决的问题是在所希望达到的性能和价格下,怎样最佳、最合理地把各种设备和部件组织成计算机,以实现所确定的系统结构。

计算机实现是指计算机组成的物理实现,包括处理机、内存的物理结构,器件的集成度和速度等。它主要着眼于器件技术和微组装技术,其中器件技术在实现技术中起着主导作用。

所谓透明性是指在计算机技术中,本来客观存在的事物或属性,从某种角度看似乎不存在。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”,则是指看不到的意思,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,前述的属性是它需要了解和研究的内容,所以是不透明的,而全部由硬件实现的,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。

由于不同机器级所看到的计算机的属性是不同的,所以对是否透明的分析也不同。例如:浮点数表示、乘法指令,对高级语言程序员、应用程序员透明,对汇编语言程序员、机器语言程序员不透明。再例如:数据总线宽度、微程序对汇编语言程序员、机器语言程序员透明,对硬件设计者、计算机维修人员不透明。

区分计算机系统结构与计算机组成这两个概念是十分重要的。

计算机体系结构是指机器语言程序员所看到的传统机器的属性,包括指令集、数据类型、存储器寻址技术、I/O 机理等,大都属于抽象的属性。

计算机组成是指如何实现计算机系统结构所体现的属性,它包含了许多对程序员来说是透明的(即程序员不知道的)硬件细节。

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;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结构。至于这两台机器如何实现其指令,完全可以不同,则认为它们的组成方式是不同的。

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属于计算机组成。

内存容量与编址方式(按位、按字节还是字访问等)的确定属于计算机系统结构;而为达到性能价格要求,内存速度应多快,采用何种逻辑结构则属于计算机组成。

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,有三台计算机,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,又有片外 Cache。这三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。

如果两个计算机具有不同的计算机组成和相同的计算机系统结构,那么在其中一个计算机上编译后的目标程序,拿到另一个计算机上也能运行,但两者的运行时间可能不同。

1.2.2 计算机系统结构、组成和实现的相互关系

计算机系统结构、组成、实现三者互不相同,但又互相影响。相同系统结构的计算机,可以因速度不同而采用不同的组成。同样,一种组成可以采用多种不同的实现方法。例如,指令间既可以顺序执行,也可以重叠执行以提高性能。乘法指令既可以用专门的乘法器实现,也可以用加法器、移位器等经重复加、移位实现。

系统结构不同会使可能采用的组成技术不同,反过来,组成也会影响结构,如果没有组成技术的进步,系统结构的进展是不可能的。

系统结构的设计必须结合应用考虑,为软件和算法的实现提供更多更好的支持,同时要考虑可能采用和准备采用的组成技术。系统结构设计应避免过多或不合理的限制各种组成、实现技术的采用与发展。

组成设计向上决定于系统结构,向下受限于实现技术。组成与实现之间可以折中权衡,例如为了达到所要求的速度,可以用较简单的组成,但却是复杂的实现技术;也可用复杂的组成,但却是一般速度的实现技术。实现是物质基础。

计算机系统结构、组成和实现所包含的具体内容随不同时期及不同的计算机系统会有差异。在某些系统中作为结构的内容,在另一些系统中可能是组成和实现的内容。软件的硬化和硬件的软化都反映了这一事实。VLSI 的发展更使系统结构、组成和实现融合于一体,难以分开。

1.3 软硬件取舍与计算机系统的设计思路

1.3.1 软硬件取舍的基本原则

计算机系统结构设计主要是进行软硬件功能分配,为此先看一下软硬件取舍的原则。

一般来说,提高硬件功能的比例可提高解题速度,减少程序量,但会增加硬件成本,降低计算机系统的灵活性、适应性;而提高软件功能的比例可降低硬件成本,提高系统的灵活性和适应性,但解题速度会下降,所需存储器用量要增加。

确定软硬件功能分配的第一个基本原则是,考虑在现有硬件条件下,系统要有高的性能价格比,主要从实现费用、速度和其他性能要求来综合考虑。

确定软硬件功能分配的第二个基本原则是,要考虑到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、实现技术的采用。

确定软硬件功能分配的第三个基本原则是,不能仅从“硬”的角度去考虑如何便于应用组成技术的成果和发挥器件技术的进展,还应从“软”的角度把如何为编译和操作系统实现以及为高级语言程序的设计提供更多更好的硬件支持放在首位。

研究软硬件功能分配,最佳、最合理地实现分配给硬件的功能。

1.3.2 计算机系统的设计思路

从多级层次结构出发,计算机系统的设计思路可以有由上往下、由下往上和从由中间开始三种不同的设计思路。

1. 由上往下设计

由上往下设计是先从层次结构的最上面一级开始,首先确定应用级机器的属性,然后再逐级往下设计,每一级都考虑优化上一级的实现。

这种方法设计的计算机系统完全是面向特定的应用优化设计的,所以很适合于专用机的设计,而不适合通用机的设计。

2. 由下往上设计

由下往上设计从层次结构的最下面一级开始,逐层往上设计各层的机器。根据当前的硬件技术水平先把硬联逻辑级、微程序级和传统机器级设计出来,然后再为不同的应用配置不同的操作系统和编译器。

采用这种方法时,软件技术完全处于被动状态,这会造成软件和硬件的脱节,使整个系统的效率降低。在硬件技术飞速发展,而软件技术发展相对缓慢的今天,这种设计方法已经难以适应计算机系统的设计要求,很少被采用了。

3. 由中间开始设计

由上往下和由下往上设计方法的共同缺点是软硬设计分离和脱节,要解决这个问题,就必须综合考虑软硬件的分工,从中间开始设计。这里“中间”指的是层次结构中的软硬交界面,即在传统机器级与操作系统机器级之间,如图 1-3 所示。采用这种方法时,首先要进行软硬件功能分配,确定好这个界面。然后软件设计者开始往上设计操作系统级、汇编语言级、高级语言级和应用语言级,硬件设计者开始往下设计传统机器级、微程序机器级、硬联逻辑级。软硬件并行设计可以缩短研制周期,设计过程中硬件和



图 1-3 从中间开始设计