

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试参考用书

系统分析师考试辅导

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试办公室推荐

张友生 主编



清华大学出版社

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试参考用书

系统分析师考试辅导

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试办公室推荐

张友生 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书由中国系统分析师顾问团组织编写,作为计算机技术与软件专业资格(水平)考试辅导教程。在参考和分析历年考试试题的基础上,着重对新版的考试大纲规定的内容有重点地细化和深化,内容涵盖了最新的系统分析师考试大纲(2004年修订版)信息系统综合知识的所有知识点,分析了近5年系统分析与设计案例考试的试题结构,给出了试题解答方法,以及论文的写作知识、论文范文、考试经验、系统分析师与CIO的关系等。

阅读本书,就相当于阅读了一本详细的、带有知识注释的考试大纲。准备考试的人员可通过阅读本书掌握考试大纲规定的知识,掌握考试重点和难点,熟悉考试方法、试题形式、试题的深度和广度,以及内容的分布、解答问题的方法和技巧,迅速提高论文写作水平和质量。

本书既可作为软件设计师、数据库系统工程师、网络工程师进一步深造和发展的学习用书、系统分析师日常工作的参考手册,也可作为计算机专业教师的教学和工作参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

系统分析师考试辅导/张友生主编. —北京:清华大学出版社,2005.3

(全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试参考用书)

ISBN 7-302-10443-3

I. 系… II. 张… III. 软件工程—系统分析—工程技术人员—资格考核—自学参考资料
IV. TP311.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第009213号

出版者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:丁 岭

文稿编辑:李 晔

封面设计:付剑飞

印刷者:北京四季青印刷厂

装订者:三河市李旗庄少明装订厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 1/32 印张:30.25 字数:679千字

版 次:2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-10443-3/TP·7093

印 数:1~5000

定 价:38.00元

前 言

系统分析是 IT 组织开发优秀的应用系统的重要工作,需要拥有扎实的理论知识和丰富的实际经验的人员来完成。随着应用系统规模越来越大,复杂程度越来越高,系统分析师在系统开发的过程中,发挥着越来越重要的作用。

通过计算机技术与软件专业资格(水平)考试广泛调动了专业技术人员工作和学习的积极性,为选拔一批高素质的专业技术人员起到了积极的促进和推动作用。然而,计算机技术与软件专业资格(水平)考试是一个难度很大的考试,十多年来,考生平均通过率为 10%左右。主要原因是考试范围十分广泛,牵涉到计算机专业的每门课程,且注重考查新技术和新方法的应用。考试不但注重广度,而且还有一定的深度。特别是高级资格考试(系统分析师),不但要求考生具有扎实的理论知识,还要具有丰富的实践经验。

本书是计算机技术与软件专业资格(水平)考试辅导教程。全书共分 22 章,张友生负责内容的组织和稿件的审定,第 18 章、第 19 章和第 21 章由张华编写,第 22 章由刘兴编写,其他各章主要由张友生编写,参加编写工作的还有解亮、尤一浩、高艳明、杨扬、周峻松,以及部分 CSAI 的系统分析师考试辅导学员。

第 1 至 16 章属于信息系统综合知识考试的内容,涵盖了考试大纲规定的所有考点(包括数学和英语),对近五年考试上午试题结构进行了详细的比较和分析。

第 17 章首先分析了近五年系统分析与设计案例考试的试题结构,给出了试题解答方法。

第 18 至 20 章分析了历年考试论文试题,对每年必考的软件工程试题进行了归类分析,给出了日本信息技术人员高级考试论文试题。讨论了论文写作要略、注意事项、应试法则,介绍了论文写作常见问题及解决办法以及论文评分标准。最后给出了 10 篇论文实例。

第 21 章介绍了系统分析师考试的一些经验和考试心得。

第 22 章讨论了系统分析师与 CIO 的关系,系统分析师的角色和作用,能力与素质要求,以及国内外系统分析师队伍概况。指出了应该如何成长为一名系统分析师,如何从系统分析师成长为 CIO。

本书可作为系统分析师日常工作的参考手册,也可作为软件设计师、数据库系统工程师、网络工程师进一步深造和发展的学习用书,计算机专业教师的教学和工作参考书。

在本书出版之际,要特别感谢全国计算机技术与软件专业资格(水平)考试办公室的命题专家们,编者在本书中引用了部分考试原题,使本书能够尽量方便读者的阅读。同时感谢参加 CSAI 系统分析师考试辅导的学员。为了给读者提供参考,本书选录了 10 篇学员的习作。本书在编写的过程中参考了许多相关的资料和书籍,在此恕不一一列举(详见参考文

献),编者在此对这些参考文献的作者表示真诚的感谢。感谢清华大学出版社在本书的出版过程中给予的支持和帮助。

由于编者水平有限,且本书涉及的知识点多,书中难免有不妥和错误之处,编者诚恳地期望各位专家和读者不吝指教和帮助,对此,我们将深为感激。

有关本书的意见反馈和咨询,读者可在中国系统分析员网站(<http://www.csai.cn>)“技术论坛”中的“CSAI 辅导教程”版块上与作者进行交流。

编 者

目 录

第 1 章 计算机组成与体系结构	1	5.3 容错技术	88
1.1 计算机体系结构的发展	1	5.4 可靠性模型与分析技术	88
1.2 构成计算机的各类部件的功能 及其相互关系	2	5.5 计算机网络安全	90
1.3 各种体系结构的特点与应用	3	5.5.1 网络安全概述	90
1.4 例题分析	8	5.5.2 防火墙	91
第 2 章 存储器与外围设备	12	5.5.3 入侵检测	92
2.1 多级存储器的功能、特性 和使用	12	5.6 风险管理	95
2.2 各类外围设备的功能、特性 和使用	22	5.6.1 风险管理概述	95
2.3 输入/输出接口及其控制方法	25	5.6.2 风险管理的阶段	96
2.4 总线结构	29	5.7 例题分析	96
第 3 章 数据通信与计算机网络	32	第 6 章 系统配置与性能评价	109
3.1 数据通信的基本知识	32	6.1 系统性能评估	109
3.2 开放系统互联参考模型	37	6.2 典型基准测试程序	111
3.3 常用的协议标准	39	6.3 例题分析	112
3.4 网络的互联与常用网络设备	41	第 7 章 程序语言	116
3.5 计算机网络的分类与应用	43	7.1 程序语言的种类	116
第 4 章 多媒体技术及其应用	60	7.2 例题分析	117
4.1 多媒体技术基本概念	60	第 8 章 操作系统	121
4.2 数据编码技术	61	8.1 操作系统的类型与结构	121
4.2.1 数据编码方法	61	8.1.1 操作系统的类型 和功能	121
4.2.2 数据编码标准	65	8.1.2 操作系统的结构	122
4.3 图形图像	69	8.1.3 常用操作系统	122
4.4 音频	70	8.1.4 例题分析	124
4.5 视频	72	8.2 系统的并行机制	127
4.6 例题分析	73	8.2.1 进程管理	127
第 5 章 安全性与可靠性技术	85	8.2.2 管程与线程	128
5.1 数据安全与保密	85	8.2.3 死锁问题	129
5.2 故障测试与定位	87	8.2.4 例题分析	130
		8.3 文件组织	134
		8.3.1 文件的逻辑组织	134
		8.3.2 文件的物理组织	135

8.3.3 例题分析	136	9.4 数据操作	164
8.4 存储管理	136	9.4.1 集合运算	164
8.4.1 地址变换	137	9.4.2 关系运算	166
8.4.2 存储组织	137	9.5 数据库的控制功能	169
8.4.3 存储管理	138	9.5.1 并发控制	169
8.4.4 例题分析	139	9.5.2 数据恢复	170
8.5 设备管理	141	9.5.3 安全性	172
8.5.1 设备管理的概念	141	9.5.4 完整性	175
8.5.2 数据传输控制方式	142	9.6 数据仓库与数据挖掘	177
8.5.3 设备的分配	142	9.6.1 联机分析处理	177
8.5.4 磁盘调度算法	142	9.6.2 数据仓库的概念	179
8.5.5 虚设备与 SPOOLING 技术	143	9.6.3 数据仓库的结构	180
8.5.6 例题分析	144	9.6.4 数据挖掘技术概述	182
8.6 网络操作系统	146	9.6.5 数据挖掘的功能	184
8.6.1 网络操作系统的概念	146	9.6.6 数据挖掘常用技术	185
8.6.2 网络操作系统的分类	146	9.6.7 数据挖掘的流程	186
8.6.3 网络操作系统的组成	147	9.7 分布式数据库	188
8.7 分布式操作系统	148	9.8 例题分析	190
8.7.1 分布式系统	148	第 10 章 软件工程	202
8.7.2 分布式操作系统概述	149	10.1 软件开发模型	202
8.8 嵌入式操作系统	150	10.2 软件需求分析与定义	206
8.8.1 嵌入式操作系统概述	150	10.3 软件设计	211
8.8.2 常用的嵌入式 操作系统	152	10.4 软件测试	215
第 9 章 数据库系统	156	10.5 软件维护	223
9.1 数据库管理系统的功能和特征	156	10.6 软件质量保证及软件 质量评价	226
9.2 数据库模型	157	10.7 软件复用	233
9.2.1 数据库系统的 三级结构	157	10.8 原型化方法	236
9.2.2 数据库系统的 三级模式	158	10.9 文档编制标准	238
9.2.3 数据库系统两级 独立性	159	10.10 项目管理	239
9.3 数据模型	160	10.11 净室软件工程	251
9.3.1 数据模型的分类	160	10.12 软件工程支撑环境	253
9.3.2 关系模型	160	第 11 章 面向对象方法学	259
9.3.3 关系规范化理论	162	11.1 面向对象基础	259
		11.2 统一建模语言	268
		第 12 章 软件的知识产权保护	276
		12.1 著作权法及实施条例	276

12.2	计算机软件保护条例	277	19.1.4	论文题解答步骤	402
12.3	商标法及实施条例	279	19.1.5	例题	403
12.4	专利法及实施细则	280	19.2	论文应试法则	404
12.5	反不正当竞争法	280	19.3	论文写作常见问题及 解决办法	407
12.6	例题分析	281	19.4	论文评分标准	408
第 13 章	软件标准化	289	第 20 章	论文实例	411
13.1	标准的层次	289	20.1	软件需求分析方法和工具的 选用	411
13.2	中国的软件标准	290	20.2	论软件项目的质量管理	414
13.3	ISO 9000 标准	291	20.3	论软件项目的进度管理	418
13.4	CMM/CMMI	291	20.4	应用 CMM 改进银行软件过程 ..	421
13.5	ISO 与 CMM/CMMI 的比较	292	20.5	论软件开发平台的选择 与应用	424
13.6	例题分析	294	20.6	论软件三层结构的设计	427
第 14 章	专业英语	305	20.7	XML 在网上银行中的应用	430
第 15 章	数学及经济管理	327	20.8	图书馆网络应用体系 安全设计	434
15.1	微积分	327	20.9	论新技术的引进	438
15.2	线性代数	330	20.10	ERP 的应用与发展	441
15.3	概率统计	338	第 21 章	系统分析师考试经验	444
15.4	离散数学	341	21.1	系统分析师考试备考要略	444
15.5	数值计算	371	21.2	最年轻的系统分析师的 考试心得	448
15.6	算法复杂性	376	21.3	系统分析师备考、参考 经验总结	450
第 16 章	近 5 年考试上午试题结构分析 ..	378	第 22 章	系统分析师与 CIO	453
第 17 章	系统分析与设计案例解答方法 ..	381	22.1	系统分析师的角色和作用	453
17.1	近 5 年试题结构分析	381	22.1.1	系统分析师与角色	453
17.2	如何选题和答题	382	22.1.2	系统分析师的作用	453
17.3	分类解答方法	383	22.2	系统分析师的能力与 素质要求	456
第 18 章	历年考试论文试题分析	393	22.2.1	典型的复合型人才	456
18.1	论文试题结构分析	393	22.2.2	系统分析师的 素质要求	457
18.2	历年论文试题	394	22.2.3	系统分析师的 能力要求	457
18.3	软件工程试题归类	397			
18.4	日本信息技术人员高级 考试论文试题	398			
第 19 章	论文写作要略	400			
19.1	论文写作注意事项	400			
19.1.1	学习方法	400			
19.1.2	论文准备	400			
19.1.3	合格论文的条件	401			

22.3 系统分析师对学科知识的要求	458	22.5.1 美国情况	462
22.3.1 扩大知识领域	458	22.5.2 印度情况	464
22.3.2 关注信息技术和产品的 新发展	459	22.5.3 日本情况	465
22.3.3 向实践学习	459	22.5.4 英国情况	467
22.4 我国系统分析师队伍概况	460	22.6 如何成长为一名系统分析师	468
22.4.1 我国软考发展历程 回顾	460	22.6.1 软件人才的“金字塔” 结构	468
22.4.2 我国系统分析师 现状	460	22.6.2 系统分析师与职业 生涯	469
22.4.3 我国系统分析师 展望	461	22.7 系统分析师的培养与培训	470
22.5 当前国际系统分析师 队伍概况	462	22.7.1 系统分析师的培养	470
		22.7.2 系统分析师的培训	471
		22.8 从系统分析师到 CIO	472
		主要参考文献	474

第 1 章 计算机组成与体系结构

根据考试大纲,本章内容要求考生掌握 3 个知识点:

- 构成计算机的各类部件的功能及其相互关系。
- 各种体系结构的特点与应用(SMP 和 MPP 体系结构)。
- 计算机体系结构的发展。

1.1 计算机体系结构的发展

冯·诺依曼等人于 1946 年提出了一个完整的现代计算机雏形,它由运算器、控制器、存储器和输入/输出设备组成。现代的计算机系统结构与冯·诺依曼等人当时提出的计算机系统结构相比,已发生了重大变化。虽然就其结构原理来说,占有主流地位的仍是以存储程序原理为基础的冯·诺依曼型计算机,但是,计算机系统结构已经有了许多改进,主要包括以下几个方面:

(1) 计算机系统结构从基于串行算法改变为适应并行算法,从而出现了向量计算机、并行计算机、多处理机等。

(2) 高级语言与机器语言的语义距离缩小,从而出现了面向高级语言和执行高级语言的计算机。

(3) 硬件子系统与操作系统和数据库管理系统软件相适应,从而出现了面向对象的操作系统和数据库计算机等。

(4) 计算机系统结构从传统的指令驱动型改变为数据驱动型和需求驱动型,从而出现了数据流计算机和归约机。

(5) 为了适应特定应用环境而出现了各种专用计算机。

(6) 为了获得高可靠性而研制出了容错计算机。

(7) 计算机系统功能分散化、专业化,从而出现了各种功能的计算机,这类计算机包括外围处理机、通信处理机等。

(8) 出现了与大规模、超大规模集成电路相适应的计算机系统结构。

(9) 出现了处理非数值化信息的智能计算机,例如,自然语言、声音、图形和图像处理等。

1.2 构成计算机的各类部件的功能及其相互关系

计算机由控制器、运算器、存储器和输入/输出设备组成。

1966年,Michael J. Flynn 提出根据指令流、数据流的多倍性特征对计算机系统进行分类(通常称为 Flynn 分类法),有关定义如下。

- 指令流:指机器执行的指令序列。
- 数据流:指由指令流调用的数据序列,包括输入数据和中间结果,但不包括输出数据。
- 多倍性:指在系统性能瓶颈部件上同时处于同一执行阶段的指令或数据的最大可能数目。

Flynn 根据不同的指令流—数据流组织方式,把计算机系统分成了如下4类。

(1) 单指令流单数据流(SISD): SISD 其实就是传统的顺序执行的单处理器计算机,其指令部件每次只对一条指令进行译码,并只对一个操作部件分配数据。流水线方式的单处理机有时也被当作 SISD。值得注意的是,Intel 公司的 Pentium II 中开始采用 MMX 技术,引进了一些新的通用指令,从某种意义上使用了单指令流多数据流的思想,但是,与 Intel 公司的前几代产品(x86/Pentium)相比,其指令序列的执行方式和调用数据的方式并没有发生根本性的变化,所以从整体上来看,采用 Pentium II 芯片的 PC 仍属于 SISD 类。

(2) 单指令流多数据流(SIMD): SIMD 以并行处理机(阵列处理机)为代表,并行处理机包括多个重复的处理单元 $PU_1 \sim PU_n$,由单一指令部件控制,按照同一指令流的要求为它们分配各自所需的不同数据。相联处理机也属于这一类。

(3) 多指令流单数据流(MISD): MISD 具有 n 个处理单元,按 n 条不同指令的要求对同一数据流及其中间结果进行不同的处理。一个处理单元的输出又将作为另一个处理单元的输入。这类系统实际上很少见到。有些资料中把流水线看作多个指令部件,称流水线计算机是 MISD。

(4) 多指令流多数据流(MIMD): MIMD 是指能实现作业、任务、指令等全面并行的多机系统。多处理机属于 MIMD。当前的高性能服务器与超级计算机大多具有多个处理机,能进行多任务处理,称为多处理机系统。不论是大规模并行处理机 MPP(Massively Parallel Processor)还是对称多处理机 SMP(Symmetrical Multi Processor),都属于这一类。

Flynn 分类法是最普遍使用的。其他的分类法还有:

(1) 冯氏分类法。由冯泽云在 1972 年提出,冯氏分类法以计算机系统在单位时间内所能处理的最大二进制位数来对计算机系统进行分类。

(2) Handler 分类法。由 Wolfgang Handler 在 1977 年提出,Handler 分类法根据计算机指令执行的并行度和流水线来对计算机系统进行分类。

(3) Kuck 分类法。由 David J. Kuck 在 1978 年提出,Kuck 分类法与 Flynn 分类法相

似,也是用指令流、执行流和多倍性来描述计算机系统特征,但其更强调执行流的概念,而不是数据流。

1.3 各种体系结构的特点与应用

1. 复杂指令系统计算机

复杂指令系统计算机(CISC)的主要特点介绍如下。

- (1) 指令数量众多。指令系统拥有大量的指令,通常有 100~250 条左右。
- (2) 指令使用频率相差悬殊。最常使用的是一些比较简单的指令,仅占指令总数的 20%,但在程序中出现的频率却占 80%,而大部分复杂指令却很少使用。
- (3) 支持很多种寻址方式。支持的寻址方式通常为 5~20 种。
- (4) 变长的指令。指令长度不是固定的,变长的指令增加了指令译码电路的复杂性。
- (5) 指令可以对存储器单元中的数据直接进行处理。典型的 CISC 处理器通常都有能够直接对内存单元中的数据进行处理的指令,其执行速度较慢。

2. 精简指令系统计算机

精简指令系统计算机(RISC)不是简单地把指令系统进行简化,而是通过简化指令使计算机的结构更加简单合理,减少指令的执行周期数,从而提高运算速度。

RISC 计算机的主要特点介绍如下。

- (1) 指令数量少: 优先选取使用频率最高的一些简单指令以及一些常用指令,避免使用复杂指令。大多数指令都是对寄存器操作,对存储器的操作仅提供了读和写两种方式。
- (2) 指令的寻址方式少: 通常只支持寄存器寻址方式、立即数寻址方式以及相对寻址方式。
- (3) 指令长度固定,指令格式种类少: 因为 RISC 指令数量少,格式相对简单,指令长度固定,指令之间各字段的划分比较一致,所以译码相对容易。
- (4) 只提供了 Load/Store 指令访问存储器: 只提供了从存储器读数(Load)和把数据写入存储器(Store)两条指令,其余所有的操作都在 CPU 的寄存器间进行。
- (5) 以硬布线逻辑控制为主: 为了提高操作的执行速度,通常采用硬布线逻辑(组合逻辑)来构建控制器。而 CISC 计算机的指令系统很复杂,难以用组合逻辑电路实现控制器,通常采用微程序控制。
- (6) 单周期指令执行: 因为简化了指令系统,所以很容易利用流水线技术使大部分指令都能在一个机器周期内完成。少数指令可能会需要多个周期执行,例如 Load/Store 指令因为需要访问存储器,其执行时间就会长一些。
- (7) 优化的编译器: RISC 的精简指令集简化了编译工作。因为指令长度固定、格式少、寻址方式少,编译时不必在具有相似功能的许多指令中进行选择,也不必选择寻址方式,所以更易于实现优化,从而生成高效率执行的机器代码。

采用 RISC 技术的 CPU 硬件一般具有如下特点：

- 寄存器数量多
- 采用流水线组织
- 控制器的实现采用硬布线控制逻辑电路

大多数 RISC 都采用了高速缓存方案,使用高速缓存来提高取指的速度。有的 RISC 甚至使用两个独立的高速缓存来改善性能:一个称为指令高速缓存,另一个称为数据高速缓存。这样取指和读数操作可以同时进行,互不干扰。

典型的 RISC 处理器有 DEC 公司的 Alpha 21164、IBM 公司的 PowerPC 620、HP 公司的 PA-8000、SGI 公司 MIPS 分部的 TS 和 SUN 公司的 Ultra SPAR 等。

从理论上说,CISC 和 RISC 各有优势。不能简单地认为精简指令计算机就好,复杂指令计算机就不好。事实上这两种设计方法很难找到清晰的界线,而且在实际的芯片中,这两种设计方法也有相互渗透的地方。表 1-1 是两者的简单对比。

表 1-1 CISC 和 RISC 的简单对比

项 目	CISC	RISC
指令条数	多	只选取最常见的指令
指令复杂度	高	低
指令长度	变化	短、固定
指令执行同期	随指令变化大	大多在一个机器周期完成
指令格式	复杂	简单
寻址方式	多	极少
涉及访问主存指令	多	极少,大部分只有两条指令
通用寄存器数量	一般	大量
译码方式	微程序控制	硬件电路
对编译系统要求	低	高

3. 流水线技术

流水线技术是把一件任务分解为若干顺序执行的子任务,不同的子任务由不同的执行机构负责执行,而这些机构可以并行工作。在任一时刻,任一任务只占用其中一个执行机构,这样就可以实现多个任务的重叠执行,以提高工作效率。

(1) 指令流水线

计算机中一条指令的执行需要若干步,通常采用流水线技术来实现指令的执行,以提高 CPU 性能。典型的指令执行共分 7 个阶段:

- ① 计算指令地址,修改程序计数器。
- ② 取指,即从存储器中取出指令。
- ③ 指令译码。
- ④ 计算操作数地址。

- ⑤ 取操作数。
- ⑥ 执行指令。
- ⑦ 保存结果。

对指令执行阶段的划分也可以把取指作为第一阶段,其他阶段顺序前移,而在最后一个阶段计算下一条指令的地址。若假定指令执行的各个阶段的执行时间相同,都是一个周期,则执行一条指令就需要花费7个周期的时间。采用流水线技术以后,满负荷时,每个周期都能从流水线上完成一条指令,相当于性能大约改善了7倍。实际上,流水线技术对性能的提高程度取决于其执行顺序中最慢的一步。例如,在指令执行的7个阶段中,如果访问存储器需要4个周期,而其他操作只需1个周期,一条指令的执行共需访存3次再加上4个单周期的执行段,所以共需要16个周期。采用流水线技术以后,受限于访存操作,4个周期才能完成一条指令的执行,因此性能提高了大约4倍。

(2) 运算操作流水线

计算机在执行各种运算操作时也可以应用流水线技术来提高运算速度。例如,执行浮点加法运算,可以分成3个阶段:对阶、尾数相加和结果规格化。流水线的3个阶段用锁存器进行分割,锁存器用来在相邻两段之间保持处理的中间结果,以供下一阶段使用。这样在满负荷时,该流水线可以同时处理3条浮点加法指令。

流水线的关键之处在于重叠执行。为了得到高性能表现,流水线应该满负荷工作,即各个阶段都要同时并行工作。但在实际情况中,流水线各个阶段可能会相互影响,阻塞流水线,使其性能下降。阻塞主要由以下两种情形引起:执行转移指令和共享资源冲突。

① 转移指令的影响

通常在顺序执行指令的情况下,当CPU取一条指令时,流水线的地址计算部件可以独立地把当前PC值加上当前指令长度来计算下一条指令的地址,从而可以并行工作,但是当流水线执行一条转移指令时,就会引起流水线的阻塞。因为在该转移指令完成之前,流水线并不能确定出下一条指令的地址,所以为了保证指令的正确执行,必须把取指段和指令地址计算段互锁。在取出转移指令后,立即锁住指令地址计算段,直到转移指令执行完成。互锁阶段流水线处于等待状态,不能满负荷工作,因而性能下降。

② 共享资源访问冲突

当多条指令以流水线方式重叠执行时,由于可能会引起对共享的寄存器/存储器资源访问次序的变化,因此而导致冲突,这种情况又称为数据相关。为了避免冲突,就需要把相互关联的指令进行阻塞处理,这样就会引起流水线效率的下降。一般说来指令流水线级数越多,越容易导致数据相关,阻塞流水线。

4. 超级标量处理机

在超级标量处理机中,配置了多个功能部件和指令译码电路,采取了多条流水线,还有多个寄存器端口和总线,因此可以同时执行多个操作,以并行处理来提高机器速度。它可以同时从存储器中取出几条指令,并同时送入不同的功能部件。超级标量机的硬件是不能重

新安排指令的前后次序的,但可以在编译程序时采取优化方法对指令的执行次序进行精心安排,把能并行执行的指令搭配起来。

5. 超级流水线处理机

超级流水线处理机的执行周期比其他结构的处理机短。与超级标量计算机一样,其硬件也不能调整指令的执行次序,而由编译程序解决优先问题。

6. 超长指令字处理机(VLIW)

VLIW 是一种单指令流多操作码多数据的系统结构。编译程序在编译时把那些能并行执行的操作组合在一起,成为一条有多个操作段的超长指令。由这条超长指令控制 VLIW 中多个互相独立的功能部件,每个操作段控制一个功能部件,相当于同时执行多条指令。

7. 向量处理机

向量处理机是一种具有向量数据表示,并设置有相应的指令和硬件,能对向量的各个元素进行并行处理的计算机。当进行向量运算时,它的性能要比大型机好得多。向量处理机有巨型计算机和向量协处理机(或称为数组处理机)两种类型。巨型计算机能对大量的数据进行浮点运算,同时它还是可以进行标量计算和一般数据处理的通用计算机。向量处理机一般采用流水线方式工作。当它处理一条数组指令时,将对数组中的每个元素执行相同的操作,而且各元素间是互相无关的,因此流水线不会阻塞,能以每个时钟周期送出一个结果的速度运行。为了存储系统能及时提供数据,向量处理器配有一个大容量的、分成多个模块交错工作的主存储器。为了提高运算速度,在向量处理机的运算部件中可采用多个功能部件,例如,向量运算部件、浮点运算部件、整数运算部件和计算地址用的地址部件。向量协处理机是专门处理浮点和向量运算的数组处理机,它是连接在主机总线上的。

8. 多处理机系统

多处理机具有两个或两个以上的处理机,共享输入/输出子系统,在操作系统的统一控制下,通过共享主存或高速通信网络进行通信,协同求解一个个复杂的问题。多处理机通过利用多台处理机进行多任务处理来提高速度,利用系统的重组能力来提高可靠性、适应性和可用性。多处理机具有共享存储器和分布存储器两种不同的结构。在具有共享存储器的多处理机中,程序员无数据划分的负担,编程容易;但系统处理机数目较少,不易扩充。具有分布式存储器的多处理机结构灵活,容易扩充;但难以在各个处理单元之间实现复杂数据结构的数据传送;任务动态分配复杂;现有软件可继承性差,需要设计新的并行算法。多处理机系统属于 MIMD 系统,与 SIMD 的并行处理机相比,有很大的差别。其根源就在于两者的并行性层次不同,多处理机要实现的是更高层次的作业任务间的并行。

9. 大规模并行处理机

并行处理机有时也称为阵列处理机,并行处理机使用按地址访问的随机存储器,以单指令流多数据流方式工作,主要用于要求进行大量高速向量矩阵运算的应用领域。并行处理机制的并行性来源于资源重复,它把大量相同的处理单元(PE)通过互连网络(ICN)连接起来,在统一的控制器(CU)的控制下,对各自分配到的数据并行地完成同一条指令所规定的

操作。PE 是不带指令控制部件的算术逻辑运算单元。并行处理机具有强大的向量运算能力,具有向量化功能的高级语言编译程序有助于提高并行处理机的通用性,以及缩短编译时间。

并行处理机有两种基本结构类型:采用分布存储器的并行处理结构和采用集中式共享存储器的并行处理结构。分布式存储器的并行处理结构中,每一个处理机都有自己的本地存储器,只要控制部件将并行处理的程序分配至各处理机,它们便会从自己的本地存储器中取得信息,并进行并行处理。共享存储并行处理机结构中的存储器是集中共享的,由于多个处理机共享存储器,在各处理机访问共享存储器时可能发生竞争。因此,需采取措施尽可能避免竞争的发生。

大规模并行处理机(MPP)是随着微处理器技术的飞跃和应用需求的不断攀升在 20 世纪 80 年代中期发展起来的一种新机型。它是由众多的微处理器(从几百到上万个微处理器)组成的大规模的并行系统。MPP 的出现成为计算机领域中的一个研发热点,被用作开发万亿次甚至更高速的巨型机的主要结构。MPP 可以采用市场上出售的 RISC 处理器,有很高的性价比。

10. 对称处理机

对称多处理机(SMP)目前也基于 RISC 微处理器。它与 MPP 最大的差别在于存储系统: SMP 有一个统一的共享主存空间,而 MPP 则是每个微处理器都拥有自己的本地存储器。

11. 互连网络(ICN)

ICN 是用来连接计算机系统中各个处理单元(或处理机)、存储模块以及各种外部设备,在系统软件控制下,使各个处理单元或各个功能部件相互通信的硬件网络结构。

常见的互连网络结构有总线结构、交叉开关和多级互连网络。并行处理机互连有多种方法,分别举例说明如下。

(1) 恒等置换。相同编号的输入端与输出端一一对应互连。其表达式如下:

$$I(x_{n-1} \cdots x_k \cdots x_1 x_0) = x_{n-1} \cdots x_k \cdots x_1 x_0$$

(2) 交换置换。实现二进制地址编号中第 0 位位值不同的输入端和输出端之间的连接,其表达式如下:

$$E(x_{n-1} \cdots x_k \cdots x_1 x_0) = x_{n-1} \cdots x_k \cdots x_1 \bar{x}_0$$

(3) 方体置换。实现二进制地址编号中第 k 位位值不同的输入端和输出端之间的连接,其表达式如下:

$$C_k(x_{n-1} \cdots x_k \cdots x_1 x_0) = x_{n-1} \cdots \bar{x}_k \cdots x_1 x_0$$

(4) 均匀洗牌置换(shuffle)。将输入端二进制地址循环左移一位得到对应的输出端二进制地址,其表达式如下:

$$S(x_{n-1} x_n x_{n-2} \cdots x_1 x_0) = x_{n-2} x_n x_{n-3} \cdots x_1 x_0 x_{n-1}$$

(5) 蝶式置换。将输入端二进制地址的最高位和最低位互换位置得到对应的输出端二

