

中国计算机软件专业技术资格和水平考试用书

新大纲

# 高级程序员 考试辅导教程 与同步试题训练

林盛雄 梁裕曦 周弘 梁海欣 编著

冶金工业出版社

中国高等院校计算机基础教育课程体系2013年版

第2版

# 高级程序语言 考试辅导教程 与同步试题训练

李春林 李春林 李春林 李春林 李春林

清华大学出版社

中国计算机软件专业技术资格和水平考试用书（新大纲）

# 高级程序员考试辅导教程与 同步试题训练

林盛雄 梁裕曦 周 弘 梁海欣 编著

# 内 容 简 介

本书是根据中国计算机软件专业技术资格和水平考试的大纲（新大纲）要求而编写的。全书由两部分组成，第 1~11 章为第一部分，包括计算机系统结构基础知识、程序语言和语言处理程序、操作系统知识、数据库基础、软件工程、计算机网络基本原理、多媒体基础知识、数据结构、算法设计、面向对象程序设计基础、CASL 汇编语言程序设计。每章都配有例题分析和同步试题训练。附录 A~D 为第二部分，包括系统设计师（高级程序员）级考试大纲、两套模拟试卷和 2002 年度的考试试卷。

本书针对性强，重点突出，概念准确，可作为参加中国计算机软件专业技术资格和水平考试考生的辅导教程，也可作为大专院校相关专业师生和计算机工作者的参考书。

## 图书在版编目（CIP）数据

高级程序员考试辅导教程与同步试题训练 / 林盛雄  
等编著. —北京：冶金工业出版社，2003.5

ISBN 7-5024-3260-4

I. 高... II. 林... III. 程序设计—水平考试—自学  
参考资料 IV. TP311.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 026747 号

出版人 曹胜利（北京沙滩嵩祝院北巷 39 号，邮编 100009）

责任编辑 程志宏

中山市新华印刷厂有限公司印刷；冶金工业出版社发行；各地新华书店经销

2003 年 6 月第 1 版，2003 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16； 38.5 印张； 945 千字； 606 页； 1-5000 册

**69.00 元**

冶金工业出版社发行部 电话：（010）64044283 传真：（010）64027893

冶金书店 地址：北京东四西大街 46 号（100711） 电话：（010）65289081

（本社图书如有印装质量问题，本社发行部负责退换）

# 前 言

## 一、关于本书

随着科技的发展,社会对人才的要求越来越高。在 IT 行业中,国家认证的系统设计师(高级程序员)受到广泛欢迎。近年来报考高级程序员的人数也越来越多。本书正是应众多考生的需求而编写的。另外,本书由于涉及到计算机理论知识的各个方面,所以也可供对计算机有兴趣的读者自学之用。

本书是根据系统设计师(高级程序员)考试大纲,力邀各方面有丰富经验的专家编写而成的。他们对考试十分熟悉,从考生的需求出发,全面、精辟地阐述了各个知识要点。另外,本书还对历年试题加以分析,设计贴近考试的模拟题,力求使考生在实战中巩固知识,熟悉各种题型,从而在考试中游刃有余,轻松过关!

## 二、本书的结构安排

全书由 11 章和 4 个附录组成,主要内容安排如下:

第 1 章:计算机系统结构基础知识。主要包括计算机系统结构概述、存储器系统、流水线技术、输入/输出系统(I/O 系统)、RISC 计算机、并行处理技术,以及计算机安全性、可靠性及性能评价初步等内容。

第 2 章:程序语言和语言处理程序。主要包括程序语言基础知识、汇编程序基本原理、编译程序基本原理、解释程序基本原理等内容。

第 3 章:操作系统知识。主要包括操作系统引论、进程的基本概念、进程的同步和通信问题、调度与死锁、作业管理、设备管理、存储器管理、文件系统管理及操作系统实例分析等内容。

第 4 章:数据库基础。主要包括数据模型和数据模式、关系数据模型、关系代数、数据库语言 SQL、数据依赖和关系模式的规范化,以及数据库的保护等内容。

第 5 章:软件工程。主要包括软件工程概述、系统分析与可行性研究、软件需求分析基础、软件设计、编码、软件测试及软件维护和管理等内容。

第 6 章:计算机网络基本原理。主要包括计算机网络概述、数据通信基础、网络操作系统的初步认识、客户/服务器与对等模式、局域网与广域网、网络互联、计算机网络的安全问题及网络管理等内容。

第 7 章:多媒体基础知识。主要包括多媒体概念、视觉类媒体、听觉类媒体及多媒体数据压缩技术等内容。

第 8 章:数据结构。主要包括基本概述、线性结构、树型结构、图、多维数组与稀疏矩阵、排序及查找等内容。

第 9 章:算法设计。主要包括算法的基本概念及基本算法等内容。

第 10 章:面向对象程序设计基础。主要包括面向对象程序设计概述、面向对象程序设计的特点、面向对象方法的几个主要概念等内容。

第 11 章:CASL 汇编语言程序设计。主要包括 CASL 基础知识、CASL 语句解析及 CASL 流程控制等内容。

附录 A：系统设计师（高级程序员）级考试大纲。

附录 B 和附录 C 为两套模拟试卷。

附录 D 为 2002 年度系统设计师（高级程序员）考试试卷。

### 三、本书的特点

本书按照最新的考试大纲编写，针对性强，重点突出，题型多样，概念准确，习题覆盖面广。本书紧贴考试大纲内容，考生根据本书内容复习，可以熟练掌握相关的理论知识，再通过本书提供的试题练好程序设计的技巧，就可以通过考试大关！

系统设计师考试包括上午考试和下午考试，上午试题是选择题，考的是理论基础；下午试题则是程序设计。以往的参考书往往缺乏下午试题的知识讲解，以至许多考生就是因为下午试题不及格而没能通过考试。

本书想考生之所想，为了使考生免于四处搜集下午试题资料，特别增加了第 11 章：CASL 汇编语言程序设计，并请有关专家为读者详细说明下午试题中 CASL 汇编语言编程题的知识要点，再通过适量的例程分析，使读者能轻松掌握 CASL 汇编语言的编程技巧，在下午试题考试中取胜。

### 四、本书的适用对象

本书可作为参加中国计算机软件专业技术资格和水平考试考生的辅导教程，也可作为大专院校相关专业师生和计算机工作者的参考书。

本书由林盛雄、梁裕曦、周弘和梁海欣编写，此外，张剑超、郭永俊也参加了本书的部分编写工作。

由于时间仓促，水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，望广大读者和专家给予批评指正，以便提高。读者在阅读本书的过程中如遇到疑难问题或觉得不妥之处，可到相关网站的论坛进行讨论，**网址：<http://www.cnbook.net>**。

编者  
2003 年 4 月

# 目 录

<b>第1章 计算机系统结构基础知识</b> ..... 1	
1.1 计算机系统结构概述..... 1	
1.1.1 计算机系统结构..... 1	
1.1.2 计算机系统分类..... 3	
1.2 存储器系统..... 5	
1.2.1 主存储器..... 5	
1.2.2 并行存储器..... 7	
1.2.3 辅助存储器..... 7	
1.2.4 高速缓冲存储器 (Cache)..... 11	
1.2.5 虚拟存储器..... 12	
1.3 流水线技术..... 14	
1.3.1 流水线的工作原理..... 15	
1.3.2 影响流水线性能的主要因素..... 16	
1.3.3 流水线计算机的存储器结构..... 16	
1.3.4 流水线控制..... 17	
1.4 输入/输出系统 (I/O 系统)..... 17	
1.4.1 输入设备..... 17	
1.4.2 输出设备..... 18	
1.4.3 输入/输出控制器..... 19	
1.4.4 输入/输出系统的工作方式..... 21	
1.4.5 设备接口..... 22	
1.4.6 输入/输出设备的发展趋势..... 23	
1.5 RISC 计算机..... 25	
1.5.1 RISC 计算机的基本原理..... 26	
1.5.2 CISC 计算机与 RISC 计算机的 主要特点比较..... 26	
1.5.3 RISC 处理器结构概述..... 27	
1.5.4 RISC 的编译优化..... 30	
1.6 并行处理技术..... 30	
1.6.1 并行处理技术概论..... 30	
1.6.2 并行处理机..... 33	
1.6.3 多处理机..... 35	
1.7 计算机安全性、可靠性及性能 评价初步..... 37	
1.7.1 计算机系统的安全环境..... 38	
1.7.2 计算机系统的可靠性..... 40	
1.7.3 计算机系统的性能评价..... 42	
1.7.4 计算机故障诊断与容错..... 43	
小结..... 45	
例题分析..... 45	
同步试题训练..... 51	
<b>第2章 程序语言和语言处理程序</b> ..... 54	
2.1 概述..... 54	
2.2 程序语言基础知识..... 55	
2.2.1 语言所提供的数据类型..... 58	
2.2.2 语言所提供的控制结构..... 63	
2.2.3 语言所提供的模块结构..... 71	
2.3 汇编程序基本原理..... 73	
2.3.1 机器语言、汇编语言..... 73	
2.3.2 汇编程序..... 75	
2.3.3 装配程序..... 77	
2.3.4 宏指令..... 78	
2.4 编译程序基本原理..... 79	
2.4.1 编译程序概述..... 79	
2.4.2 形式语言基础..... 81	
2.4.3 词法分析..... 86	
2.4.4 句法分析..... 89	
2.4.5 句法制导翻译..... 96	
2.4.6 代码生成..... 99	
2.4.7 代码优化..... 103	
2.5 解释程序基本原理..... 105	
小结..... 106	
例题分析..... 107	
同步试题训练..... 111	
<b>第3章 操作系统知识</b> ..... 114	
3.1 操作系统引论..... 114	
3.1.1 操作系统的概念、目标、作用、 模型..... 114	

3.1.2 操作系统的功能、特征和服务 .....	115	小结 .....	154
3.1.3 操作系统的发展过程 .....	116	例题分析 .....	155
3.1.4 OS/2 操作系统简介 .....	117	同步试题训练 .....	159
3.2 进程的基本概念 .....	117	<b>第 4 章 数据库基础 .....</b>	<b>162</b>
3.2.1 进程的描述 .....	118	4.1 数据模型和数据模式 .....	162
3.2.2 进程的控制 .....	120	4.1.1 数据模型 .....	162
3.2.3 线程的概念及其引入 .....	121	4.1.2 ER 实体联系图 .....	162
3.3 进程的同步和通信问题 .....	121	4.1.3 数据模式 .....	163
3.3.1 进程同步的基本描述 .....	121	4.2 关系数据模型 .....	163
3.3.2 信号量机制及原子操作 .....	122	4.2.1 关系数据模型的基本概念 .....	164
3.3.3 管程的引入 .....	123	4.2.2 从 ER 图到关系的设计 .....	164
3.3.4 进程通信的基本描述 .....	124	4.2.3 关系模型的形式定义 .....	166
3.4 调度与死锁 .....	124	4.2.4 关系数据库的三级数据 体系结构 .....	166
3.4.1 调度的分类与模型 .....	125	4.3 关系代数 .....	166
3.4.2 主要的调度算法 .....	126	4.3.1 关系代数的基本操作和 组合操作 .....	166
3.4.3 多处理机的调度 .....	127	4.3.2 关系代数运算的应用实例 .....	168
3.4.4 死锁的概念 .....	127	4.3.3 扩充的关系代数操作 .....	169
3.4.5 死锁的预防及检测 .....	129	4.4 数据库语言 SQL .....	169
3.5 作业管理 .....	130	4.4.1 SQL 概述 .....	169
3.5.1 作业的概念和作业的组成 .....	130	4.4.2 数据定义语言 (DDL) .....	170
3.5.2 作业是如何建立的 .....	131	4.4.3 DML 数据查询 .....	172
3.5.3 用户接口 .....	131	4.4.4 DML 数据操纵语言 .....	176
3.6 设备管理 .....	131	4.4.5 嵌入式 SQL .....	176
3.6.1 I/O 系统的结构及控制 .....	132	4.4.6 动态 SQL .....	179
3.6.2 设备的分配及处理 .....	133	4.4.7 权限控制 .....	179
3.6.3 缓冲的引入 .....	135	4.4.8 视图 .....	180
3.7 存储器管理 .....	136	4.5 数据依赖和关系模式的规范化 .....	180
3.7.1 连续分配存储管理 .....	137	4.5.1 函数依赖及函数依赖规则 .....	181
3.7.2 分页及分段存储管理 .....	139	4.5.2 关系模式的分解及其问题 .....	182
3.7.3 虚拟存储器的概念 .....	140	4.5.3 数据库设计的要求和异常原因 .....	183
3.7.4 页面置换算法 .....	141	4.5.4 关系模式的范式 .....	183
3.8 文件系统管理 .....	143	4.6 数据库的保护 .....	184
3.8.1 文件和文件系统 .....	144	4.6.1 数据库的恢复 .....	184
3.8.2 文件的结构 .....	145	4.6.2 数据库的并发控制 .....	186
3.8.3 文件目录管理 .....	147	4.6.3 数据库的完整性 .....	189
3.8.4 文件的共享和保护 .....	148	4.6.4 数据库的安全性 .....	192
3.9 操作系统实例分析 .....	150		
3.9.1 Windows NT 操作系统 .....	151		
3.9.2 UNIX 操作系统 .....	152		



小结 .....	194	5.4.3 模块的基本属性 .....	230
例题分析 .....	195	5.4.4 模块的耦合和内聚 .....	231
同步试题训练 .....	201	5.4.5 结构化设计方法 .....	232
<b>第 5 章 软件工程 .....</b>	<b>204</b>	5.4.6 数据设计 .....	237
5.1 软件工程概述 .....	204	5.4.7 文件设计 .....	237
5.1.1 软件的特点及分类 .....	204	5.4.8 过程设计 .....	240
5.1.2 软件工程的定义及其基本目标 .....	205	5.5 编码 .....	241
5.1.3 软件工程三要素 .....	206	5.5.1 程序设计方法 .....	241
5.1.4 软件危机的原因 .....	207	5.5.2 常用的程序设计语言 .....	242
5.1.5 软件工程基础理论研究的内容 .....	207	5.6 软件测试 .....	243
5.1.6 软件工程工程化技术研究的内容 .....	207	5.6.1 软件测试的基础 .....	243
5.1.7 计算机辅助软件工程研究的内容 .....	208	5.6.2 软件测试的方法 .....	244
5.1.8 软件生存期模型 .....	208	5.6.3 软件测试的过程 .....	245
5.1.9 软件工程管理的重要性和必要性 .....	209	5.6.4 程序的静态分析方法 .....	247
5.2 系统分析与可行性研究 .....	210	5.7 软件维护和管理 .....	247
5.2.1 系统分析的目标 .....	210	5.7.1 软件维护的类型 .....	248
5.2.2 系统分析过程必须考虑的问题 .....	210	5.7.2 影响软件维护的问题 .....	248
5.2.3 系统分析员应该具备的素质 .....	211	5.7.3 与软件维护有关的几个问题 .....	249
5.2.4 可行性研究 .....	211	5.7.4 软件管理 .....	250
5.2.5 系统建模 .....	212	小结 .....	251
5.2.6 系统规格说明和评审 .....	214	例题分析 .....	252
5.3 软件需求分析基础 .....	215	同步试题训练 .....	259
5.3.1 需求分析的基本任务和基本原则 .....	216	<b>第 6 章 计算机网络基本原理 .....</b>	<b>267</b>
5.3.2 明确需求确定的主要困难 .....	216	6.1 计算机网络概述 .....	267
5.3.3 初步需求获取技术 .....	217	6.1.1 计算机网络的发展过程 .....	267
5.3.4 需求建模、问题抽象、问题分解与多视点技术 .....	217	6.1.2 协议、模型及体系结构 .....	268
5.3.5 需求规格说明与评审 .....	218	6.1.3 计算机网络的有关概念 .....	273
5.3.6 快速原型技术 .....	220	6.1.4 计算机网络的功能、组成及分类 .....	274
5.3.7 需求确定框架 .....	222	6.2 数据通信基础 .....	275
5.3.8 需求歧义性的主要原因 .....	223	6.2.1 传输介质 .....	275
5.4 软件设计 .....	224	6.2.2 数据通信技术 .....	276
5.4.1 软件设计概述 .....	225	6.2.3 数据交换技术 .....	278
5.4.2 软件设计基础 .....	227	6.2.4 数据传递方式 .....	280
		6.3 网络操作系统的初步认识 .....	281
		6.3.1 工作站网络软件 .....	281
		6.3.2 网络服务软件 .....	282
		6.3.3 网络环境软件 .....	283

6.3.4 网络管理软件 .....	284	7.2.3 矢量图形和位图图像 .....	344
6.4 客户机/服务器与对等模式 .....	284	7.2.4 图形(图像)的主要指标 .....	345
6.4.1 客户机/服务器模式的形成 与结构 .....	285	7.2.5 常见的图形文件格式 .....	347
6.4.2 对等模式的概念 .....	290	7.2.6 视频 .....	348
6.5 局域网与广域网 .....	290	7.3 听觉类媒体 .....	349
6.5.1 局域网概述 .....	290	7.3.1 听觉特性 .....	350
6.5.2 局域网的体系结构及 相关标准 .....	294	7.3.2 音频概述 .....	350
6.5.3 局域网的扩展 .....	296	7.3.3 语音识别技术 .....	351
6.5.4 广域网的基本概念 .....	298	7.3.4 波形声音、音乐合成和 语音合成 .....	352
6.6 网络互联 .....	300	7.4 多媒体数据压缩技术 .....	356
6.6.1 互联网的概念 .....	301	7.4.1 多媒体数据压缩概述 .....	357
6.6.2 Internet 的功能和服务 .....	302	7.4.2 常用的数据压缩技术 .....	357
6.6.3 Internet 的网际协议 IP .....	310	7.4.3 静态图像压缩标准(JPEG) .....	359
6.7 计算机网络的安全问题 .....	316	7.4.4 运动图像压缩标准(MPEG) .....	360
6.7.1 网络安全问题概述 .....	316	7.4.5 视听通信编码解码标准 (H.261) .....	362
6.7.2 相关的密钥密码体制 .....	318	7.4.6 DVI .....	363
6.7.3 Internet 的安全体系 .....	319	小结 .....	364
6.7.4 防火墙 .....	319	例题分析 .....	364
6.8 网络管理 .....	320	同步试题训练 .....	369
6.8.1 故障管理 .....	321	<b>第 8 章 数据结构 .....</b>	<b>372</b>
6.8.2 计费管理 .....	321	8.1 基本概念 .....	372
6.8.3 配置管理 .....	321	8.2 线性结构 .....	373
6.8.4 性能管理 .....	321	8.2.1 线性表 .....	373
6.8.5 安全管理 .....	321	8.2.2 栈 .....	379
小结 .....	321	8.2.3 队列 .....	388
例题分析 .....	322	8.2.4 串 .....	392
同步试题训练 .....	326	8.3 树型结构 .....	395
<b>第 7 章 多媒体基础知识 .....</b>	<b>330</b>	8.3.1 树 .....	395
7.1 多媒体概述 .....	330	8.3.2 二叉树 .....	398
7.1.1 多媒体的定义 .....	330	8.3.3 二叉查找树 .....	401
7.1.2 多媒体关键技术 .....	331	8.3.4 二叉线索树 .....	405
7.1.3 多媒体系统 .....	332	8.3.5 应用实例 .....	407
7.1.4 多媒体创作工具及其发展方向 .....	340	8.4 图 .....	409
7.2 视觉类媒体 .....	342	8.4.1 图的基本概念 .....	409
7.2.1 概述 .....	342	8.4.2 图的存储结构 .....	412
7.2.2 视觉特性 .....	342	8.4.3 图的遍历与生成树 .....	418

8.4.4 最小生成树 .....	422	小结 .....	487
8.4.5 关键路径 .....	425	例题分析 .....	488
8.4.6 拓扑排序 .....	427	同步试题训练 .....	494
8.4.7 最短路径 .....	430		
8.5 多维数组与稀疏矩阵 .....	432	<b>第 10 章 面向对象程序设计基础 .....</b>	<b>507</b>
8.5.1 多维数组及其存储结构 .....	432	10.1 面向对象程序设计概述 .....	507
8.5.2 多维数组应用实例 .....	433	10.1.1 发展过程 .....	507
8.5.3 稀疏矩阵 .....	436	10.1.2 面向对象设计方法简述 .....	507
8.6 排序 .....	440	10.2 面向对象程序设计的特点 .....	508
8.6.1 排序的基本概念 .....	440	10.2.1 面向对象的基本思想 .....	508
8.6.2 选择排序 .....	441	10.2.2 面向对象的开发过程 .....	509
8.6.3 直接插入排序 .....	442	10.2.3 面向对象开发方法的特点 .....	509
8.6.4 希尔 (Shell) 排序 .....	443	10.3 面向对象方法的几个主要概念 .....	509
8.6.5 冒泡排序 .....	444	10.3.1 抽象的概念 .....	510
8.6.6 堆排序 .....	445	10.3.2 类和对象 .....	510
8.6.7 快速排序 .....	447	10.3.3 封装 .....	511
8.6.8 合并排序 .....	448	10.3.4 继承 .....	512
8.6.9 外排序 .....	450	10.3.5 多态性 .....	512
8.7 查找 .....	452	小结 .....	512
8.7.1 查找的基本概念 .....	452	例题分析 .....	513
8.7.2 顺序线性表的查找 .....	452	同步试题训练 .....	514
8.7.3 分块查找 .....	453		
8.7.4 链式线性表的查找 .....	454	<b>第 11 章 CASL 汇编语言程序设计 .....</b>	<b>516</b>
8.7.5 散列表的查找 .....	454	11.1 CASL 基础知识 .....	516
小结 .....	456	11.1.1 数的算术运算与逻辑运算 .....	516
例题分析 .....	457	11.1.2 寻址方式 .....	517
同步试题训练 .....	463	11.2 CASL 语句解析 .....	519
<b>第 9 章 算法设计 .....</b>	<b>466</b>	11.2.1 伪指令与宏指令语句 .....	519
9.1 算法的基本概念 .....	466	11.2.2 移位语句与转移语句 .....	519
9.2 基本算法 .....	467	11.2.3 堆栈操作语句 .....	520
9.2.1 迭代法 .....	467	11.2.4 数据传送语句 .....	521
9.2.2 穷举搜索法 .....	468	11.2.5 逻辑运算语句 .....	522
9.2.3 递推法 .....	470	11.2.6 算术运算语句 .....	524
9.2.4 递归 .....	471	11.2.7 比较语句 .....	526
9.2.5 回溯法 .....	473	11.3 CASL 流程控制 .....	528
9.2.6 贪婪法 .....	479	11.3.1 顺序结构 .....	528
9.2.7 分治法 .....	483	11.3.2 条件结构 .....	530
9.2.8 动态规划法 .....	485	11.3.3 循环结构 .....	532
		11.3.4 子程序 .....	535

小结 .....	543	下午试卷答案 .....	574
例题分析 .....	543	<b>附录 C (高级程序员) 模拟试卷二 .....</b>	<b>576</b>
同步试题训练 .....	553	上午试卷 .....	576
<b>附录 A 系统设计师 (高级程序员)</b>		下午试卷 .....	579
<b>级考试大纲 .....</b>	<b>561</b>	上午试卷答案 .....	583
A.1 考试说明 .....	561	下午试卷答案 .....	583
A.2 考试范围 .....	561	<b>附录 D 2002 年度系统设计师</b>	
A.2.1 计算机综合知识 .....	561	<b>(高级程序员) 考试试卷 .....</b>	<b>585</b>
A.2.2 计算机软件设计 .....	563	上午试卷 .....	585
<b>附录 B (高级程序员) 模拟试卷一 .....</b>	<b>564</b>	下午试卷 .....	593
上午试卷 .....	564	上午试卷答案 .....	603
下午试卷 .....	567	下午试卷答案 .....	603
上午试卷答案 .....	574	<b>参考文献 .....</b>	<b>606</b>

# 第 1 章 计算机系统结构基础知识

本章主要介绍计算机组成原理和一些基本的硬件知识。本章内容是计算机高级程序员水平考试上午题的必考内容。本章从多个方面为读者详细介绍了各个知识点，务求做到深入浅出。以下是本章的主要内容：

- (1) 计算机系统结构概述。
- (2) 存储器系统。
- (3) 流水线技术。
- (4) 输入/输出系统 (I/O)。
- (5) RISC 计算机。
- (6) 并行处理技术。
- (7) 计算机安全性、可靠性及性能评价初步。

## 1.1 计算机系统结构概述

G.M.Amdahl 等人在 1964 年首次提出计算机系统结构 (Computer Architecture)。系统结构是在 Amdahl 介绍 IBM360 时被定义为从程序员的角度所看到的计算机的属性，即程序员能够编写出在机器上正确运行的程序所必须了解的功能特性和概念性结构。

### 1.1.1 计算机系统结构

根据计算机的层次结构，不同级别的程序员看到的计算机属性显然是不相同的。对于用汇编语言编写程序的程序员来说，需要知道的机器属性包括：

- (1) 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。
- (2) 数据表示。硬件能直接辨认和处理的数据类型。
- (3) 操作数的寻址方式。包括最小寻址单元、寻址方式和寻址方式的表示。
- (4) 寄存器定义。包括操作数寄存器、变址寄存器和控制寄存器等的定义、数量和使用方式。
- (5) 中断机构和例外条件。表示中断的类型、分级和响应的硬件功能以及例外条件。
- (6) 存储系统。包括主存容量、程序员可用的最大存储容量等。
- (7) I/O 结构。包括 I/O 设备的连接方式，处理机、存储器与 I/O 设备间的数据传递方式和格式、传递的数据量及传递操作结束的标志及出错指示等。
- (8) 信息保护。包括信息保护方式及有关的硬件支持。
- (9) 机器工作状态的定义和切换。如系统态和管理态等。

从汇编语言的程序员看，PC 机和 SUN 工作站有不同的属性，即有不同的计算机系统结构。高级语言的程序员所看到的计算机主要属性是该机所配置的高级语言所具有的功能特性。因此对高级语言的程序员来说，PC 机和 SUN 工作站几乎没有什么差别，它们具有相同的属性，即有相同的计算机系统结构。

通常，低层机器的属性对高层机器程序员基本是透明的，一般所说的计算机系统结构主

要是指机器语言级机器（物理机器）的系统结构，如图 1-1 所示。

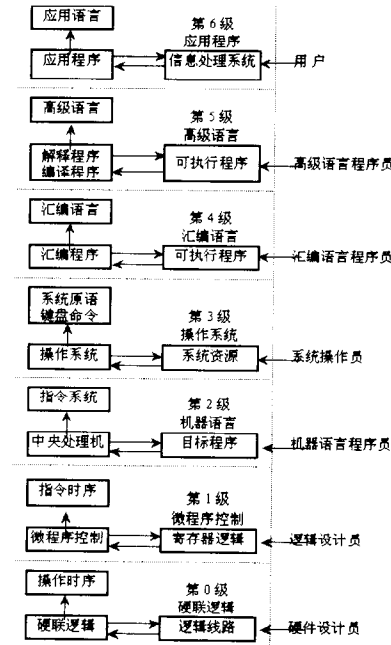


图 1-1 计算机的系统结构

第 0 级由硬件实现。

第 1 级由微程序实现。

第 2 级至第 6 级由软件实现。

由软件实现的机器称为虚拟机。第 2 级是传统指令系统（机器语言）机器。第 3 级是操作系统机器。操作系统是运行在第 2 级上的解释程序。第 4 级是汇编语言机器。第 5 级是高级语言机器。第 6 级是应用语言机器。第 0 级和第 1 级属于计算机组织与结构，第 3 级至第 5 级是系统软件，第 6 级是应用软件。

计算机的工作过程一般是由用户（程序员）使用各种编程语言把所需要完成的任务以程序的形式提交给计算机，然后翻译成计算机能直接执行的机器语言程序，在计算机上运行以实现用户需要的功能。

计算机系统可以看作是一个多层的系统，不同的用户（或者应用）与不同的层次打交道。通常把计算机系统分作 4 层：物理机器（机器语言机器）、操作系统语言机器、汇编语言机器和高级语言机器，如图 1-2 所示。

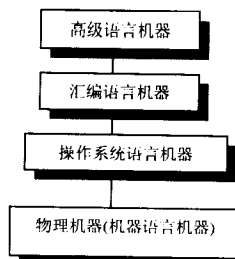


图 1-2 计算机系统的层次结构

计算机系统结构主要研究的范围是：硬件、软件功能分配、确定硬件、软件界面（机器级界面），换个角度说就是从编译程序设计者或机器语言程序员的角度所看到的机器物理系统的抽象。计算机系统结构通常包括以下9种属性：

- (1) 指令系统：机器指令的操作类型，格式，指令间排序和控制机构。
- (2) 机内数据：硬件能直接认出和操作的数据类型和格式。
- (3) 存储系统：最小编址单位，编址方式，主存容量，最大可编址空间。
- (4) 寻址方式：最小可寻址单位，寻址方式的种类，地址运算。
- (5) 寄存器组织：操作数寄存器，编址寄存器，控制寄存器以及专用寄存器的定义，数量和使用规则。
- (6) 中断机构：中断类型，中断级别以及中断响应方式等。
- (7) 机器工作状态（管态和目态）的定义和切换。
- (8) 信息保护：信息保护方式，硬件信息保护机制。
- (9) 输入/输出结构：输入/输出的连接方式，处理机、存储器与输入/输出设备间的数据交换的方式，数据交换过程的控制。

计算机组成（Computer Organization）是计算机系统结构的逻辑实现。包括机器内部数据流和控制流的组成以及逻辑设计等。通常来说，计算机组成研究的范围包括：确定数据通路的宽度，确定各种操作对功能部件的共享程度，确定专用的功能部件，确定功能部件的并行度，设计缓冲和排队策略，设计控制机构和确定采用何种可靠性技术。计算机组成的目标是合理地、有规划地把各种部件及设备组成计算机来实现特定的系统结构，同时需满足当前所要求或希望达到的性能价格比。

计算机实现（Computer Implementation）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，器件，模块，插件，底板的划分与连接，专用器件的设计，信号传输技术，电源，冷却及装配等技术以及相关的制造技术和工艺。

根据传统定义和实际应用的划分，计算机系统结构、计算机组成和计算机实现是三个不相同的概念，不应混为一谈，但是随着新技术、新工艺、新部件的出现和应用，这三个概念之间的界限已经越来越模糊了，出现了交叉、渗透的情况。

### 1.1.2 计算机系统分类

计算机系统的分类方法有很多种，其中主要的有：Flynn 分类法、冯氏分类法、Handler 分类法和 Kuck 分类法，其中最常用的是 Flynn 分类法。以下逐一介绍这些分类法。

#### 1. Flynn 分类法

Flynn 分类法是由 Michael.J.Flynn 提出的。他提出指令流就是机器执行的指令序列，数据流就是指令流调用的数据序列，包括输入数据和中间结果根据指令流。数据流的多倍性是指在系统的性能瓶颈部件上可以同时处理的指令或数据的最大可能个数。

Flynn 分类法就是根据指令流和数据流的组织形式来对计算机系统进行的分类的。常见的计算机系统可以分为四种：单指令流单数据流、单指令流多数据流、多指令流单数据流、多指令流多数据流。

##### 1) 单指令流单数据流（single instruction stream single data stream, 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，如图 1-3 所示。

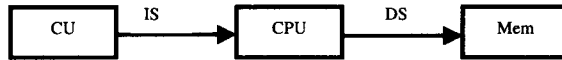


图 1-3 SISD

CU: 控制器 Mem: 主存 DS: 数据流 CPU: 处理器 IS: 指令流

2) 单指令流多数据流 (single instruction stream multiple data stream, SIMD)

SIMD 由并行处理器组成，多个处理器采用 Shared Memory 的形式通信，但是多个由一个控制器控制，如图 1-4 所示。

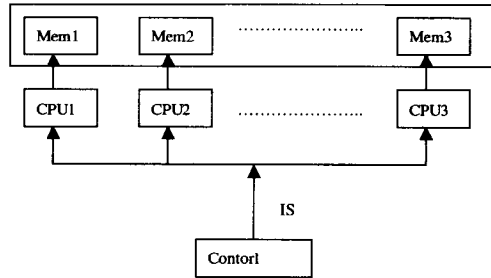


图 1-4 SIMD

3) 多指令流单数据流 (multiple instruction streamsingle data stream, MISD)

MISD 是具有多个处理器，按多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，一个处理器的输出又作为另一个处理器的输入，如图 1-5 所示。

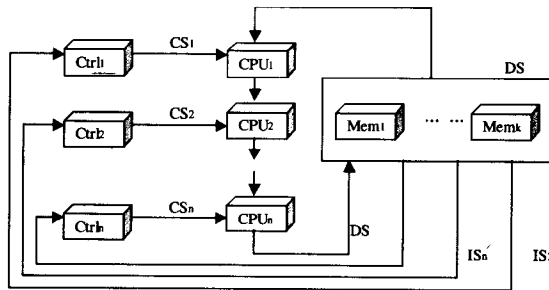


图 1-5 MISD

4) 多指令流多数据流 (multiple instruction stream multiple data stream, MIMD)

MIMD 是指对于在多处理器系统中，每个处理器对应有自己的控制器和内存，只是内存共享，如图 1-6 所示。

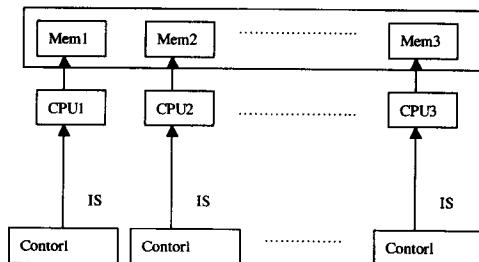


图 1-6 MIMD



## 2. 冯氏分类法

冯氏分类法是由美籍华人冯泽云教授提出的。冯氏分类法是根据最大并行处理度  $P_m$  的不同来对计算机系统结构进行分类的, 其中最大并行处理度  $P_m$  是指计算机系统在规定时间内所能处理的最大二进制位数。要了解冯氏分类法, 先要定义字宽和位宽。字宽指在一个字中同一时间能够处理的二进制数的位数, 位宽指在一个位片中能同时处理的数字。这样冯氏分类法把计算机系统分为4种:

- (1) 字串位串: 字宽等于1, 位宽等于1。
- (2) 字并位串: 字宽大于1, 位宽等于1。
- (3) 字串位并: 字宽等于1, 位宽大于1。
- (4) 字并位并: 字宽大于1, 位宽大于1。

## 3. Handler 分类法

Handler 分类法是 Wolfgang Handler 提出的基于并行度和流水线的一种分类方法, 他把计算机硬件结构分为以下三层且考虑其可并行程度和流水处理的程度:

- (1) 程序控制部件 PCU, 其个数表示为  $K$ 。
  - (2) 算术逻辑部件或处理部件, 其个数表示为  $D$ 。
  - (3) 算术逻辑部件包含基本逻辑线路 ELC, 其套数表示为  $W$ 。
- 那么, 一个计算机的系统结构可以表示为三元组  $(K, D, W)$ 。

## 4. Kuck 分类法

美国的 David J. Kuck 于 1978 年提出了新的分类法, 用指令流、执行流和多倍性来描述计算机系统特征, 并因此划分计算机系统, 这种方法与 Flynn 指令流—数据流类似: SISE 单指令流执行流, SIME 单指令流多执行, MISE 多指令流单执行流, MIME 多指令流多执行流。

# 1.2 存储器系统

计算机的存储器系统由分布在计算机各个不同部件的多种存储设备组成:

- (1) 寄存器: 位于 CPU 内部。
- (2) 控制存储器 (Control Memory): 用于控制器 CPU。
- (3) 内部存储器: 可以被处理器直接存取的存储器, 又称为主存储器 (Main Memory), 有时也简称为主存或内存。
- (4) 外部存储器 (External Memory): 处理器需要通过 I/O 系统与之交换数据, 又称为辅助存储器 (Auxiliary Memory), 有时也简称为辅存或外存。除正在执行的程序和处理的数  
据存放在主存储器外, 其他所有的信息都保存在辅助存储器中, 需要时再从辅存中调入主存。

衡量存储器的性能主要有三个方面: 存取速度、容量和成本。理想的存储器应该是存取速度快, 容量大而且成本低的, 但是, 就像经济学的规律一样, 这三者是无法同时达到的。容量越大、存取速度就越慢, 容量越大、存取速度越快, 成本就一定越高。

### 1.2.1 主存储器

#### 1. 主存储器的种类

##### 1) RAM (Random Access Memory)

RAM 存储器既可以写入也可以读出, 其内容是以某种电触发器的状态存储的, 断电后