

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试参考用书

网络工程师考试科目1：

计算机与网络知识

——考点解析及模拟训练

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

木马 主编 李晓辉 许长伟 等编著

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

网络工程师考试科目1：

计算机与网络知识

——考点解析及模拟训练

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

木马 主编 李晓辉 许长伟 等编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试的参考用书。书中内容紧扣网络工程师考试大纲的考试科目1:计算机与网络知识。全书的主要内容有:计算机系统知识、系统开发和运行基础知识、网络技术、网络安全、标准化知识、信息化基础知识及计算机专业英语。书中重要的章节都划分为考点提炼、难点解析、典型例题和相应的习题,帮助考生进行考前复习和训练。

本书适合参加全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试的考生备考使用。同时也可作为学习计算机与网络知识的自学用书。

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

网络工程师考试科目1:计算机与网络知识——考点解析及模拟训练/木马主编;李晓辉,许长伟等编著. —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 7-302-10560-X

I. 网… II. ①木… ②李… ③许… III. 计算机网络—工程技术人员—资格考核—自学参考资料
IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第013793号

出 版 者:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

责任编辑:薛 阳

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:22.75 字数:469千字

版 次:2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-10560-X/TP·7161

印 数:1~5000

定 价:29.00元

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

前 言

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试是国家级的专业认定考试，分为计算机软件、计算机网络、计算机应用技术、信息系统、信息服务等五个专业类别。每个专业按级别层次划分为初级资格、中级资格、高级资格并有相应的资格名称。网络工程师属于计算机网络专业，中级资格。

本书是全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试办公室推荐使用的参考用书。书中内容涵盖了网络工程师考试大纲中考试科目 1：计算机与网络知识的全部内容。全书共分为 7 章。

第 1 章是计算机系统知识。主要包括硬件知识，操作系统知识和系统配置方法 3 部分内容，其中硬件知识中又包含计算机结构，存储器，输入输出结构和设备，嵌入式系统基本知识等内容；操作系统知识中包含基本概念，处理机管理、存储管理、设备管理、文件管理和作业管理等内容；系统配置方法中包含系统配置技术，系统性能和系统可靠性等内容。

第 2 章是系统开发和运行基础知识。主要包括系统开发基础知识，系统运行和维护知识两部分内容。其中，系统开发基础知识中包含需求分析和设计方法，开发环境，测试评审方法，项目管理基础知识，系统可审计性等内容；系统运行和维护知识中包含系统运行，系统维护两方面的内容。

第 3 章是网络技术。主要内容包括网络体系结构，编码和传输，网络，网络通信设备，网络连接设备，网络软件系统六方面的内容。其中，编码和传输中包含调制和编码，传输技术，传输控制，交换技术，公用网络和租用线路等内容；网络包含网络分类，LAN，无线 LAN，WAN 与远程传输服务，因特网，接入网与接入技术，网络性能等内容；网络通信设备中包含传输介质和通信电缆，各类通信设备两方面的内容。网络软件系统中包含网络操作系统，网络管理，网络应用与服务三方面的内容。

第 4 章是网络安全。主要内容包括安全计算，风险管理两方面的内容。其中安全计算中包含保密性和完整性，非法入侵和病毒的防护，可用性，安全保护，LAN 安全等内容；风险管理中包含风险分析和评估，应付风险的对策，内部控制等内容。

第 5 章是标准化知识。主要内容包括标准的制订和获取，信息系统基础设施标准化，标准化组织三方面的内容。其中，标准的制订和获取中包含标准的指定和获取过程，环境 and 安全性评估标准化两方面的内容；信息系统基础设施标准化包含标准，开放系统，

数据交换标准，安全性标准几方面的内容。

第 6 章是信息化基础知识。主要内容包括国家、企业、网络和个人有关信息化方面的法律、法规。

第 7 章是计算机专业英语。主要内容包括计算机技术的基本词汇和阅读、理解计算机领域的英文资料的方法的分析。

书中重要的章节都具体分为考点提炼、难点解析、典型例题和相应的习题，帮助考生进行考前复习和训练。

本书由木马主编，另外参与本书编写的还有：李晓辉、许长伟、刘华、于玥、刘剑锋等。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，在此表示衷心的感谢！

书中难免有不足之处，欢迎大家批评指正！

编 者
2004 年 11 月

目 录

第 1 章 计算机系统知识	1
1.1 硬件知识	1
1.1.1 计算机结构	2
1.1.2 存储器	8
1.1.3 输入输出结构和设备	16
1.1.4 嵌入式系统基础知识	21
1.2 操作系统知识	22
1.2.1 基本概念	22
1.2.2 操作系统的管理功能	27
1.3 系统配置方法	39
1.3.1 系统配置技术	40
1.3.2 系统性能	46
1.3.3 系统可靠性	48
1.4 模拟训练题	50
第 2 章 系统开发和运行基础知识	53
2.1 系统开发基础知识	53
2.1.1 需求分析和设计方法	54
2.1.2 开发环境	59
2.1.3 测试评审方法	64
2.1.4 项目管理基础知识	67
2.1.5 系统可审计性	75
2.2 系统运行和维护知识	78
2.2.1 系统运行	78
2.2.2 系统维护	89
2.3 模拟训练题	92
第 3 章 网络技术	97
3.1 网络体系结构	97
3.1.1 网络拓扑结构	98

3.1.2	OSI/RM	101
3.1.3	应用层协议	106
3.1.4	传输层协议	109
3.1.5	网络层协议 IP	113
3.1.6	数据链路层协议	115
3.1.7	物理地址	117
3.2	编码和传输	118
3.2.1	调制和编码	119
3.2.2	传输技术	124
3.2.3	传输控制	136
3.2.4	交换技术	139
3.2.5	公用网络和租用线路	147
3.3	网络	148
3.3.1	网络分类	148
3.3.2	LAN	151
3.3.3	城域网常用结构	163
3.3.4	广域网与远程传输服务	165
3.3.5	因特网	174
3.3.6	接入网与接入技术	191
3.3.7	网络性能	194
3.4	网络通信设备	197
3.4.1	传输介质和通信电缆	198
3.4.2	各类通信设备	201
3.5	网络连接设备	204
3.6	网络软件系统	212
3.6.1	网络操作系统	212
3.6.2	网络管理	218
3.6.3	网络应用与服务	231
3.7	模拟训练题	241
第 4 章	网络安全	252
4.1	安全计算	253
4.1.1	保密性和完整性	253

4.1.2 非法入侵和病毒防护	266
4.1.3 可用性	282
4.1.4 安全保护	286
4.1.5 LAN 安全	289
4.2 风险管理	294
4.2.1 风险分析和评估	295
4.2.2 应付风险的对策	299
4.2.3 内部控制	301
4.3 模拟训练题	304
第 5 章 标准化知识	307
5.1 标准的制定和获取	307
5.1.1 标准的制定与获取	308
5.1.2 环境和安全性评估标准化	309
5.2 信息系统基础设施标准化	310
5.2.1 标准	311
5.2.2 开放系统互连标准	313
5.2.3 数据交换标准	315
5.2.4 安全性标准	317
5.3 标准化组织	319
5.4 模拟训练题	323
第 6 章 信息化基础知识	328
6.1 信息化意识	328
6.2 全球、国家、企业信息化	329
6.2.1 全球信息化	330
6.2.2 国家信息化	334
6.2.3 企业信息化	337
6.3 企业信息资源管理基础	339
6.3.1 企业信息资源管理概述	339
6.3.2 企业信息资源管理方法	340
6.4 互联网法律法规	341
6.5 网络个人信息保护规则	343
6.6 模拟训练题	344

第 7 章 计算机专业英语	348
7.1 计算机专业英语.....	348
7.1.1 词汇部分.....	349
7.1.2 阅读部分.....	350
7.2 网络技术专业英语.....	353
7.3 网络安全专业英语.....	355

第 1 章 计算机系统知识

本章提示

作为网络工程师，大纲对这部分的要求为：熟悉计算机系统的基础知识；熟悉网络操作系统的基础知识。可见，大纲对这部分的要求只限于了解，但是深刻的理解这部分内容是必需的，因为它是今后所有学习的基础。本章按照大纲要求，讲述计算机系统知识、操作系统知识和系统配置的方法。本章共分为 4 节，全面地概括了成为一名合格的网络工程师所需的基础知识。本章的知识框图如图 1-1 所示。

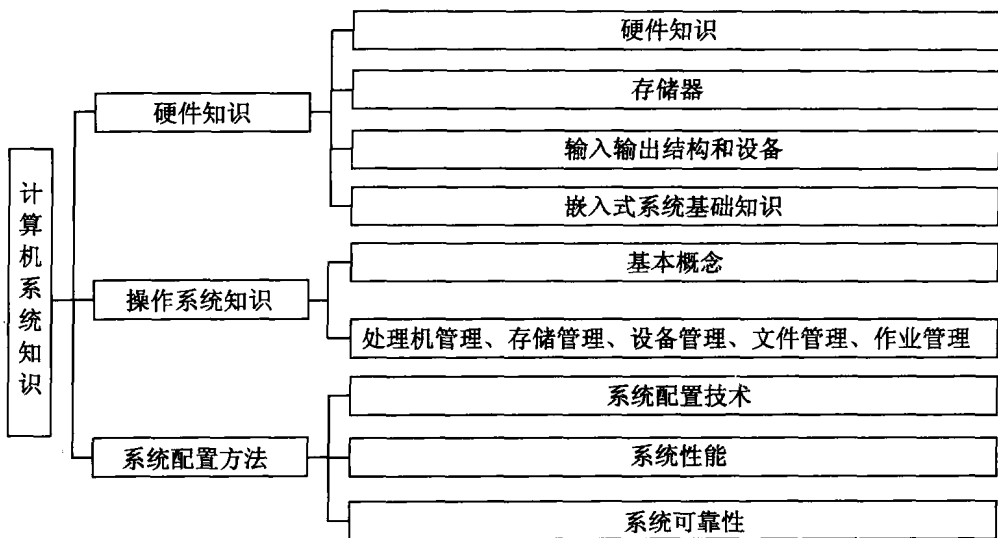


图 1-1 计算机系统知识框图

1.1 硬件知识

本节系统地介绍了计算机的组成，包括硬件知识、存储器、输入输出结构和设备。作为介绍性的一节，特点是知识点多，但是大都是记忆性的。最后简单地介绍了嵌入式系统的基本知识。本节的知识框图如图 1-2 所示。

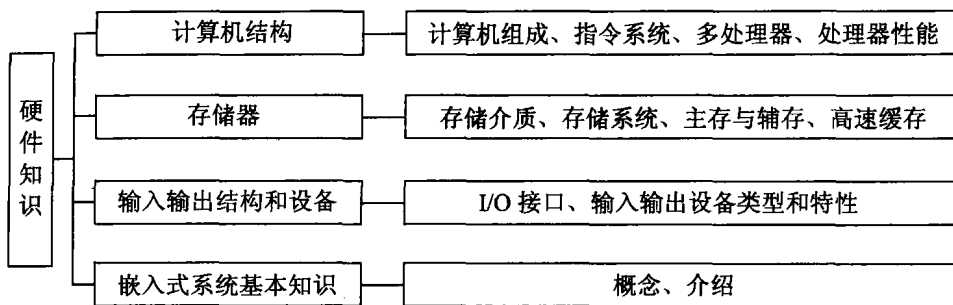


图 1-2 硬件知识框图

1.1.1 计算机结构

计算机硬件由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五个基本部分组成，也称计算机的五大部件。软件是计算机系统必不可少的组成部分。微型计算机系统的软件分为系统软件和应用软件两类。系统软件一般包括操作系统、语言编译程序、数据库管理系统。应用软件是指计算机用户为某一特定应用而开发的软件。例如文字处理软件、表格处理软件、绘图软件、财务软件、过程控制软件等。所有这些都是以处理器的指令系统作为基础的。还有较为复杂的情况，即多处理器结合。此外，本节还将简单地介绍处理器的性能。

1. 考点提炼

(1) 计算机组成

完整的计算机系统包括两大部分，即硬件系统和软件系统。所谓硬件，是指构成计算机的物理设备，即由机械、电子器件构成的具有输入、存储、计算、控制和输出功能的实体部件。软件也称“软设备”，广义地说，软件是指系统中的程序以及开发、使用和维护程序所需的所有文档的集合。我们平时讲到“计算机”一词，都是指含有硬件和软件的计算机系统，其结构如图 1-3 所示。

① 运算器。运算器又称算术逻辑单元 (Arithmetic Logic Unit, ALU)，是计算机对数据进行加工处理的部件，它的主要功能是对二进制数码进行加、减、乘、除等算术运算和与、或、非等基本逻辑运算，实现逻辑判断。运算器在控制器的控制下实现其功能，运算结果由控制器指挥，送到内存储器中。

② 控制器。控制器主要由指令寄存器、译码器、程序计数器和操作控制器等组成，控制器用来控制计算机各部件协调工作，并使整个处理过程有条不紊地进行。它的基本功能就是从内存中取指令和执行指令，即控制器按程序计数器指出的指令地址，从内存中取出该指令进行译码，然后根据该指令功能向有关部件发出控制命令，执行该指令。

另外，控制器在工作过程中，还要接收各部件反馈回来的信息。

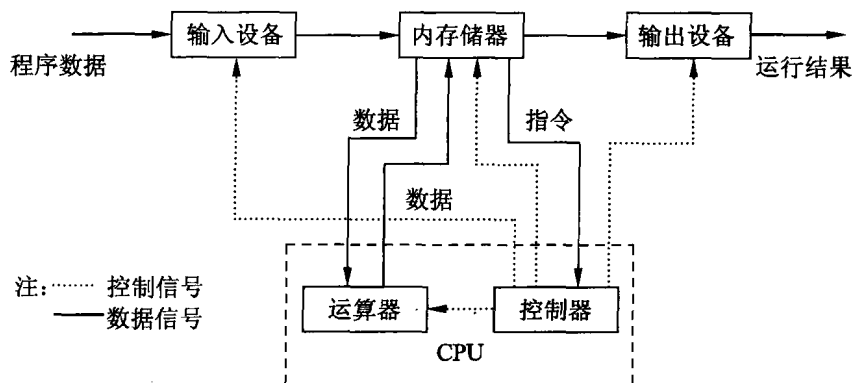


图 1-3 计算机基本结构

③ 存储器。存储器具有记忆功能，用来保存信息，如数据、指令和运算结果等。存储器可分为两种：内存储器与外存储器。

内存储器也称主存储器（简称主存），它直接与CPU相连接，存储容量较小，但速度快，用来存放当前运行程序的指令和数据，并直接与CPU交换信息。内存储器由许多存储单元组成，每个单元能存放一个二进制数，或一条由二进制编码表示的指令。

存储器的存储容量以字节为基本单位，每个字节都有自己的编号，称为“地址”，若要访问存储器中的某个信息，就必须知道它的地址，然后再按地址存入或取出信息。

为了度量信息存储容量，将8位二进制码（8 bit）称为一个字节（Byte，简称B），字节是计算机中数据处理和存储容量的基本单位。1024字节称为1KB，1024K字节称为1MB，1024兆字节称为1GB，1024G字节称为1TB，现在微型计算机主存容量大多数在兆字节以上。

计算机处理数据时，一次可以运算的数据长度称为一个“字”（Word）。字的长度称为字长。一个字可以是一个字节，也可以是多个字节。常用的字长有8位、16位、32位、64位等。如某一类计算机的字由4字节组成，则字的长度为32位，相应的计算机称为32位机。

外存储器又称辅助存储器（简称辅存），它是内存的扩充。外存存储容量大，价格低，但存储速度较慢，一般用来存放大量暂时不用的程序、数据和中间结果。需要时，可成批地和内存储器进行信息交换。外存只能与内存交换信息，不能被计算机系统的其他部件直接访问。常用的外存有磁盘、磁带、光盘等。

④ 输入输出设备。输入输出设备简称I/O（Input/Output）设备。用户通过输入设备

将程序和数据输入计算机, 输出设备将计算机处理的结果(如数字、字母、符号和图形)显示或打印出来。常用的输入设备有: 键盘、鼠标器、扫描仪、数字化仪等。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。

人们通常把内存储器、运算器和控制器合称为计算机主机。而把运算器、控制器放在一个大规模集成电路块上, 称为中央处理器, 又称CPU (Central Processing Unit)。也可以说主机是由CPU与内存储器组成的, 而主机以外的装置称为外部设备, 外部设备包括输入/输出设备、存储器等。

(2) 指令系统

已经提到的, 如果计算机只有硬件, 那么它只是具有了计算的可能。计算机要真正能够进行计算, 还必须要有软件的配合。计算机之所以能够自动运行, 就是由于人把实现计算的一步步操作, 用命令的形式, 即一条条指令, 预先输入到存储器中, 在执行时, 机器把这些指令一条条地取出来, 加以翻译和执行。我们把要求计算机执行的各种操作, 用命令的形式写下来, 就叫做指令。通常指令对应着一种基本操作, 但是计算机怎么能辨别和执行这些操作呢? 这是由设计时, 设计人员赋予它的指令系统决定的。一台计算机能执行什么操作, 能做多少种操作, 是由设计计算机时所规定的指令系统决定的。一条指令, 对应着一种基本操作; 计算机所能执行的全部指令, 就是计算机的指令系统, 这是计算机所固有的。

系统必须定义一套如何指定内存地址、如何对地址进行解释的规则。各种系统结构, 如何知道制定它们所要存取对象的地址的方式, 就是寻址方式。近代计算机中使用的所有数据寻址模式为: 寄存器寻址、立即数寻址、位移寻址、寄存器延迟或者间接寻址、间接寻址、直接寻址(绝对寻址)、存储器延迟或者存储器间接寻址、自动递增寻址、自动递减寻址和比例寻址, 其中立即数寻址和位移寻址是寻址方式使用中的主要部分。

目前有比较常见的两种指令系统: CISC (Complex Instruction Set Computing, 复杂指令集计算机) 和RISC (Reduced Instruction Set Computing, 精简指令集计算机)。相对于RISC而言, CISC的指令位数较长, 所以称为复杂指令, 如: x86的指令长度为87位, 是一种指令长度较短的计算机, 但是RISC的运行速度比CISC要快。CISC将所有必需的操作进行分类, 对能够进行分解的操作进行分解, 统计各操作的频率, 将频率高的操作作为指令系统的基本操作, 其侧重强化指令功能, 减少目标代码长度。但它为支持高级语言, 指令复杂化, 编译复杂化; 指令运行时间长, 部件效率不高, 不利于并行处理; 控制器复杂, 不利于VLSI的实现。RISC将所有必需的操作进行分类, 将频率最高的操作作为指令系统的基本操作。侧重对高级语言和编译系统的支持, 而且适应VLSI、并行处理的发展趋势。

(3) 多处理器

对于多处理器的系统，有两种模型可供选择：SMP（如图 1-4 所示）和 MPP（如图 1-5 所示）。SMP（Symmetric Multi Processing），对称多处理系统内有许多紧耦合多处理器，在这样的系统中，所有的 CPU 共享全部资源，如总线、内存和 I/O 系统等，操作系统或管理数据库的复本只有一个，这种系统有一个最大的特点就是共享所有资源。

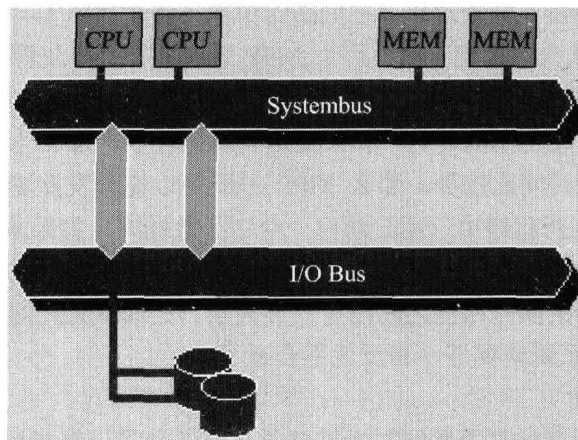


图 1-4 SMP 系统模型

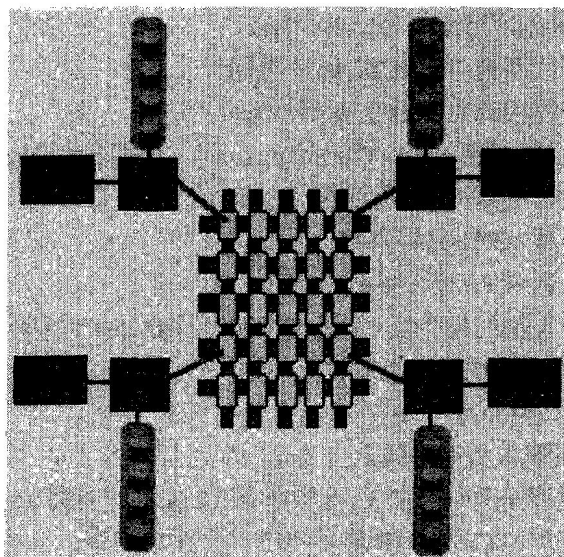


图 1-5 MPP 系统模型

MPP（Massively Parallel Processing），大规模并行处理系统，这样的系统是由许多

松耦合的处理单元组成的, 要注意的是, 这里指的是处理单元而不是处理器。每个单元内的 CPU 都有自己私有的资源, 如总线、内存、硬盘等。在每个单元内都有操作系统和管理数据库的实例复本。这种结构的最大特点在于并不共享资源。

既然有两种结构, 那它们各有什么特点呢? 采用什么结构比较合适呢? 通常情况下, MPP 系统因为要在不同处理单元之间传送信息(请注意图 1-4), 所以它的效率要比 SMP 差一点, 但是这也不是绝对的, 因为 MPP 系统并不共享资源, 因此对它而言, 资源比 SMP 要多, 当需要处理的事务达到一定规模时, MPP 的效率要比 SMP 高。这要看通信时间占用计算时间的比例而定, 如果通信时间比较多, 那么 MPP 系统就并不占优势; 相反, 如果通信时间比较少, 那么 MPP 系统可以充分发挥资源的优势, 达到高效率。当前使用的 OTLP 程序中, 用户访问一个中心数据库, 如果采用 SMP 系统结构, 它的效率比采用 MPP 结构要快得多。而 MPP 系统在决策支持和数据挖掘方面显示了优势, 可以这样说, 如果操作相互之间没有什么关系, 处理单元之间需要进行的通信比较少, 那么采用 MPP 系统就要好, 相反就不合适了。

(4) 处理器性能

我们下面给出计算处理器性能时所需要的基础概念和计算指标。

① CPU 时间的计算。

时钟周期: 纳秒为单位 (ns)。

时钟频率: 时钟周期的倒数, 如 100MHz。

CPU 时间 = 整个程序的总时钟数 × 时钟周期

CPU 时间 = 整个程序的总时钟数 / 时钟频率

② 性能因子 CPI (Clock cycles Per Instruction): 每条指令的平均时钟周期。

CPI = CPU 花费的时钟数 / CPU 执行的指令数

CPU 时间 = 指令数 × CPI × 时钟周期

CPU 时间 = 指令数 × CPI / 时钟频率

CPU 时间 = 一个人物的指令数 × 每条指令的时钟数 × 时钟周期

③ 时钟频率, 由硬件技术和组成技术决定。

④ CPI, 与组成及指令集有关。

⑤ 指令数, 与指令集和编译技术有关。

例如, A 机执行的程序中有 20% 转移指令 (2TC), 转移指令都需要一条比较指令 (1TC) 配合, 其他指令 1TC。B 机中转移指令包含比较指令, 但 TC 比 A 机慢 15%。则

A 机: $TCPUA = INA \times (0.2 \times 2 + 0.2 \times 1 + 0.6 \times 1) \times TCA = 1.2INA \times TCA$;

B 机: $TCPUB = 0.8INA \times ((0.2/0.8) \times 2 + (1 - 0.2/0.8) \times 1) \times 1.15TCA = 1.15INA \times TCA$ 。可以得到 B 机比 A 机工作速度快。因此不能仅按主频衡量处理器性能。

2. 难点解析

(1) 寻址方式

如何寻找操作数的问题，称为寻址方式。下面我们介绍几种最常用的寻址方式。

① 立即寻址 (Immediate Addressing)。操作数就包含在指令中，这种规定操作数的方式，称为立即寻址。指令中的操作数称为立即数，如 `MOV AL, 7`。

② 寄存器寻址 (Register Addressing)。若操作数在某一个寄存器中，这种寻址方式称为寄存器寻址。例如指令 `MOV AL, BL` 是个两字节指令，它的机器代码是 `8AC3`，它是把寄存器 `BL` 中的立即数送至累加器 `AL` 中。

③ 直接寻址 (Direct Addressing)。

例如指令 `MOV AL, [n]`。这是一个两字节指令，与立即寻址方式不同，它不是把指令的第二直接作为立即数送至累加器 `AL`；在这里，指令的第二个直接不是操作数本身，而是操作数所在的地址，它是把地址所指的存储单元的内容送至累加器 `AL` 中。在这种寻址方式中，指令包含操作数的直接地址，故称为直接寻址。

④ 寄存器间接寻址 (Register Indirect Addressing)。

例如指令 `MOV AL, [BL]`。这也是一个两字节指令，它的操作码为 `8A07`。它与寄存器寻址方式不同，不是把寄存器 `BL` 中的内容作为操作数送给 `AL`，而是把 `BL` 中的内容作为操作数的地址，把此地址所指的内存单元的内容送给 `AL`。在这种寻址方式中，操作数的地址并不直接在指令中，而是在某一寄存器中，故称为间接寻址。

(2) 多处理器的同步问题

一般来说，同步机制是通过应用层的软件例程来构造的，而这些例程要使用硬件提供的同步指令。在规模较小的机器或者竞争较少的环境中，关键是在硬件上要提供一条不可中断的指令或指令序列，软件同步机制就是利用硬件提供的这种支持构造的。在机器规模较大或竞争较多的环境中，同步会成为性能的瓶颈，因为竞争会引入额外延迟，并且在这样的机器中延迟可能更大。

在多处理器系统中实现同步的关键在于，要有一个能够以原子的方式对存储器执行读写操作的硬件原语集合。硬件原语是构造应用层同步操作的基本构件，一般的用户层同步操作包括锁和栅栏。原子交换是构建同步的典型原语，它能够把寄存器和存储器中的数字进行交换。例如，0 表示该锁可以占用，而 1 表示该锁不能占用。如果处理器想占用这个锁的话，可以通过将寄存器中的 1 与该锁在存储器中的值对换来实现。如果已经有其他处理器占用了该锁的话，返回结果为 1，否则为 0。如果返回结果为 0 的话，锁的数值也被设置为 1，这样在这个处理器将锁释放之前，其他处理器无法占用这个锁。

3. 典型例题

例题 1-1：计算机指令系统中 `MOV DS AX` 是 () 方式。

A. 直接寻址 B. 间接寻址 C. 立即数寻址 D. 寄存器寻址

答案: D

解析: 由上面的分析容易知道该题的正确答案是 D。实际上, 寻址方式在计算机结构中处于非常重要的地位。希望读者能够识别其他的寻址方式。

1.1.2 存储器

这里, 我们将集中讨论存储介质、存储系统、主存和辅存的类型和性能以及高速缓存的基本知识。实际上, 作为一种 I/O 设备, 其性能好坏, 直接影响到系统的性能。

1. 考点提炼

(1) 存储介质

常见的存储介质主要有半导体存储器(硅等材料)、磁存储器(氧化铁等, 如通常的硬盘)光存储器(如 CD-ROM)。

磁盘自从 1965 年以来一直用于长期的、非易失的文件的存储。磁盘的结构和读写原理我们将在下面作具体的讲解。

对磁盘的一个挑战者是光盘, 或称 CD (Optical Compact Disk)。它具有可移动、制造成本低的特点, 但它是只读介质。虽然它不是可以再写的存储设备, 但它的低成本使得它成为深受欢迎的信息传播介质。大容量和低成本意味着它会取代软盘而成为个人计算机软件发行的介质。可惜的是, CD 的数据传播职能意味着其增长率是受标准委员会控制的, 磁盘存储容量的增长要比人们接收 CD 标准来得快。

磁带与磁盘采用同样的技术, 与磁盘固有的性能价格比差别在于它们的几何形状:

① 固定的旋转盘提供毫秒级的随机访问速度, 但磁盘存储区域有限, 其存储介质是密封的。

② 磁带是缠绕在可移动轴上的不限长的带子, 每个读写机可以使用多个磁带, 但磁带只能提供秒级的顺序访问。

磁带有两个缺点, 其一在于它的转速是不能人为干预或者间歇, 但最新的旋转扫描磁带(Helical Scan Tape)技术解决了这个问题; 其二是它易被磨损, 传统纵向磁带可以磨损千次到百万次, 而旋转扫描磁带只能磨损几百次, 旋转扫描读写头磨损也较快。

磁带的地位是通过自动加载和存储设备而得到提高的, 即自动磁带库设备的出现。这种设备提供了新一层次的存储。在无人干预的前提下, 可以达到数十秒内访问一个太拉(10^{12})字节的访问速度。自动磁带库的一个特点是其使用规模的经济性, 系统越大, 每吉字节的价格越低, 但大系统的一个缺点是其大规模存储的带宽限制。

(2) 存储系统