



全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试参考用书

# 软件设计师考试同步辅导

## ——考点串讲、真题详解与强化训练

工业和信息化部教育与考试中心 推荐

钟彩华 傅伟玉 主编 / 高洁 吕向阳 副主编

非  
外  
借



清华大学出版社

第3版

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试参考用书

# 软件设计师考试同步辅导

——考点串讲、真题详解与强化训练

（第3版）

钟彩华 傅伟玉 主 编

高 洁 吕向阳 副主编

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是按照最新颁布的全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试大纲和指定教材编写的考试参考用书。全书分为13章,内容包括:计算机系统知识、程序语言基础知识、数据结构、操作系统知识、软件工程基础知识、结构化开发方法、面向对象技术、算法设计与分析、数据库技术基础、网络与信息安全基础知识、标准化和软件知识产权基础知识、计算机专业英语和考前模拟卷。每章分为备考指南、考点串讲、真题详解和强化训练四大部分,可以帮助读者明确考核要求,熟悉命题规律与特点,掌握考试要点和解题方法。

本书紧扣考试大纲,具有应试导向准确、考试要点突出、真题分析详尽、针对性强等特点,非常适合参加软件设计师考试的考生使用,也可作为高等院校或培训班的教材。

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

软件设计师考试同步辅导——考点串讲、真题详解与强化训练/钟彩华,傅伟玉主编. —3版. —北京:清华大学出版社,2018(2018.10重印)

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 978-7-302-50545-7

I. ①软… II. ①钟… ②傅… III. ①软件设计—资格考试—自学参考资料 IV. ①TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 145348 号

责任编辑:魏莹 李玉萍  
装帧设计:常雪影  
责任校对:王明明  
责任印制:李红英

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:34.25 字 数:830千字

版 次:2011年4月第1版 2018年9月第3版 印 次:2018年10月第2次印刷

定 价:96.00元

产品编号:070685-01

# 前 言

全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试是国家人力资源和社会保障部、工业和信息化部领导下的国家考试,其目的是科学、公正地对全国计算机与软件专业技术人员进行职业资格、专业技术资格认定和专业技术水平测试。它自实施起至今已经历了 20 多年的时间,其权威性和严肃性得到社会及用人单位的广泛认同,并为推动我国信息产业特别是软件产业的发展和提高各类 IT 人才的素质培养做出了积极的贡献。

本书第 1 版自 2011 年出版以来,被众多考生选用为考试参考书,深受广大考生好评。第 2 版根据计算机新技术和软件设计新技术的发展对第 1 版进行了修订。为了更好地服务于考生,引导考生顺利通过软件设计师考试,本书根据最新考试真题和官方教程,对第 2 版同名书进行修订。

本书具有如下特色。

(1) 全面揭示命题特点。通过分析研究最近几年考题,统计出各章所占的分值和考点的分布情况,引导考生把握命题规律。

(2) 突出严谨性与实用性。按照最新考试大纲和《软件设计师教程(第 5 版)》编写,结构与官方教程同步,内容严谨,应试导向准确。

(3) 考点浓缩,重点突出。精心筛选考点,突出重点与难点,针对性强。同时对于考试中出现的而指定教材没有阐述的知识点进行了必要的补充。

(4) 例题典型,分析透彻。所选例题出自最新真题,内容权威,例题分析细致深入,解答准确完整,以帮助考生增强解题能力,突出实用性。

(5) 习题丰富,附有答案。每章提供了一定数量的习题供考生自测,并配有参考答案与解析,有利于考生巩固所学知识、提高解题能力。

(6) 全真试题实战演练。提供 2 套考前模拟试卷供考生考前进行实战演练。试题题型、考点分布、题目难度与真题详解,便于考生熟悉考试方法、试题形式,全面了解试题的深度和广度。

本书特别适合参加计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试的考生使用,也可作为相应培训班的教材,以及大、中专院校师生的教学参考书。

本书由钟彩华、傅伟玉担任主编,高洁、吕向阳担任副主编,参与本书组织、编写和资料收集的还有肖文、吴刚山、吴敏、赵毅、初耀军、袁琴、吴亚军、郭传奇、杨宏、周瑜龙、赵明、汤小燕、何光明等,在此一并表示感谢。同时在编写本书的过程中,还参考了许多相关的书籍和资料,在此也对这些参考文献的作者表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错漏和不妥之处,敬请读者批评指正。联系邮箱:  
iteditor@126.com。

编 者

# 目 录

## 第1章 计算机系统知识.....1

- 1.1 备考指南.....1
  - 1.1.1 考纲要求.....1
  - 1.1.2 考点统计.....2
  - 1.1.3 命题特点.....2
- 1.2 考点串讲.....3
  - 1.2.1 数据表示与校验码.....3
  - 1.2.2 计算机系统硬件组成.....5
  - 1.2.3 存储系统.....6
  - 1.2.4 输入/输出技术.....10
  - 1.2.5 总线结构.....12
  - 1.2.6 指令系统.....13
  - 1.2.7 可靠性与系统性能评测.....14
- 1.3 真题详解.....16
  - 综合知识试题.....16
- 1.4 强化训练.....27
  - 1.4.1 综合知识试题.....27
  - 1.4.2 综合知识试题参考答案.....28

## 第2章 程序语言基础知识.....31

- 2.1 备考指南.....31
  - 2.1.1 考纲要求.....31
  - 2.1.2 考点统计.....31
  - 2.1.3 命题特点.....32
- 2.2 考点串讲.....32
  - 2.2.1 程序语言概述.....32
  - 2.2.2 语言处理程序基础.....36
  - 2.2.3 文法和有限自动机.....38
- 2.3 真题详解.....42
  - 综合知识试题.....42
- 2.4 强化训练.....53
  - 2.4.1 综合知识试题.....53

## 2.4.2 综合知识试题参考答案.....55

## 第3章 数据结构.....57

- 3.1 备考指南.....57
  - 3.1.1 考纲要求.....57
  - 3.1.2 考点统计.....57
  - 3.1.3 命题特点.....58
- 3.2 考点串讲.....58
  - 3.2.1 线性结构.....58
  - 3.2.2 数组、矩阵和广义表.....63
  - 3.2.3 树.....64
  - 3.2.4 图.....68
  - 3.2.5 查找.....71
  - 3.2.6 排序.....75
- 3.3 真题详解.....78
  - 综合知识试题.....78
- 3.4 强化训练.....89
  - 3.4.1 综合知识试题.....89
  - 3.4.2 综合知识试题参考答案.....92

## 第4章 操作系统知识.....95

- 4.1 备考指南.....95
  - 4.1.1 考纲要求.....95
  - 4.1.2 考点统计.....95
  - 4.1.3 命题特点.....96
- 4.2 考点串讲.....96
  - 4.2.1 操作系统基础知识.....96
  - 4.2.2 进程管理.....98
  - 4.2.3 存储管理.....102
  - 4.2.4 设备管理.....107
  - 4.2.5 文件管理.....109
  - 4.2.6 作业管理.....113
- 4.3 真题详解.....115

综合知识试题.....	115	6.2.5 用户界面设计.....	185
4.4 强化训练.....	127	6.3 真题详解.....	187
4.4.1 综合知识试题.....	127	6.3.1 综合知识试题.....	187
4.4.2 综合知识试题参考答案.....	129	6.3.2 案例分析试题.....	195
<b>第5章 软件工程基础知识.....</b>	<b>131</b>	6.4 强化训练.....	205
5.1 备考指南.....	131	6.4.1 综合知识试题.....	205
5.1.1 考纲要求.....	131	6.4.2 案例分析试题.....	207
5.1.2 考点统计.....	132	6.4.3 综合知识试题参考答案.....	210
5.1.3 命题特点.....	132	6.4.4 案例分析试题参考答案.....	211
5.2 考点串讲.....	132	<b>第7章 面向对象技术.....</b>	<b>215</b>
5.2.1 软件工程概述.....	132	7.1 备考指南.....	215
5.2.2 软件开发模型.....	134	7.1.1 考纲要求.....	215
5.2.3 软件开发方法.....	135	7.1.2 考点统计.....	215
5.2.4 需求分析.....	136	7.1.3 命题特点.....	216
5.2.5 系统设计.....	138	7.2 考点串讲.....	216
5.2.6 系统测试.....	139	7.2.1 面向对象的基本概念.....	216
5.2.7 软件开发项目管理.....	143	7.2.2 面向对象程序设计.....	218
5.2.8 软件质量.....	145	7.2.3 面向对象开发技术.....	220
5.2.9 软件度量.....	147	7.2.4 面向对象分析与设计.....	220
5.2.10 软件工具和软件开发环境.....	148	7.2.5 设计模式.....	225
5.3 真题详解.....	149	7.2.6 C++程序设计.....	226
综合知识试题.....	149	7.2.7 Java 程序设计.....	232
5.4 强化训练.....	167	7.3 真题详解.....	236
5.4.1 综合知识试题.....	167	7.3.1 综合知识试题.....	236
5.4.2 综合知识试题参考答案.....	169	7.3.2 案例分析试题.....	249
<b>第6章 结构化开发方法.....</b>	<b>173</b>	7.4 强化训练.....	273
6.1 备考指南.....	173	7.4.1 综合知识试题.....	273
6.1.1 考纲要求.....	173	7.4.2 案例分析试题.....	277
6.1.2 考点统计.....	173	7.4.3 综合知识试题参考答案.....	286
6.1.3 命题特点.....	174	7.4.4 案例分析试题参考答案.....	289
6.2 考点串讲.....	174	<b>第8章 算法设计与分析.....</b>	<b>295</b>
6.2.1 系统分析与设计概述.....	174	8.1 备考指南.....	295
6.2.2 结构化分析方法.....	177	8.1.1 考纲要求.....	295
6.2.3 结构化设计方法.....	181	8.1.2 考点统计.....	295
6.2.4 WebApp 分析与设计.....	182	8.1.3 命题特点.....	296

8.2 考点串讲.....	296	第 10 章 网络与信息安全基础知识.....	389
8.2.1 算法设计与分析基础.....	296	10.1 备考指南.....	389
8.2.2 分治法.....	298	10.1.1 考纲要求.....	389
8.2.3 动态规划法.....	299	10.1.2 考点统计.....	390
8.2.4 贪心法.....	300	10.1.3 命题特点.....	390
8.2.5 回溯法.....	300	10.2 考点串讲.....	391
8.2.6 其他.....	301	10.2.1 计算机网络的概念	
8.3 真题详解.....	305	与 ISO/OSI 网络体系结构... 391	
8.3.1 综合知识试题.....	305	10.2.2 网络互联硬件.....	392
8.3.2 案例分析试题.....	309	10.2.3 网络的标准与协议.....	394
8.4 强化训练.....	323	10.2.4 Internet 及应用.....	397
8.4.1 综合知识试题.....	323	10.2.5 网络安全.....	400
8.4.2 案例分析试题.....	325	10.3 真题详解.....	403
8.4.3 综合知识试题参考答案.....	330	综合知识试题.....	403
8.4.4 案例分析试题参考答案.....	331	10.4 强化训练.....	421
<b>第 9 章 数据库技术基础.....</b>	<b>335</b>	10.4.1 综合知识试题.....	421
9.1 备考指南.....	335	10.4.2 综合知识试题参考答案.....	424
9.1.1 考纲要求.....	335	<b>第 11 章 标准化和软件知识产权基础</b>	
9.1.2 考点统计.....	335	<b>知识.....</b>	<b>429</b>
9.1.3 命题特点.....	336	11.1 备考指南.....	429
9.2 考点串讲.....	336	11.1.1 考纲要求.....	429
9.2.1 基本概念.....	336	11.1.2 考点统计.....	430
9.2.2 数据模型.....	339	11.1.3 命题特点.....	430
9.2.3 关系代数.....	342	11.2 考点串讲.....	430
9.2.4 关系数据库 SQL 简介.....	346	11.2.1 标准化基础知识.....	430
9.2.5 关系数据库的规范化.....	352	11.2.2 知识产权基础知识.....	435
9.2.6 数据库的控制功能.....	354	11.3 真题详解.....	444
9.2.7 数据库的分析与设计.....	356	综合知识试题.....	444
9.3 真题详解.....	358	11.4 强化训练.....	447
9.3.1 综合知识试题.....	358	11.4.1 综合知识试题.....	447
9.3.2 案例分析试题.....	366	11.4.2 综合知识试题参考答案.....	448
9.4 强化训练.....	378	<b>第 12 章 计算机专业英语.....</b>	<b>449</b>
9.4.1 综合知识试题.....	378	12.1 备考指南.....	449
9.4.2 案例分析试题.....	379	12.1.1 考纲要求.....	449
9.4.3 综合知识试题参考答案.....	383	12.1.2 考点统计.....	449
9.4.4 案例分析试题参考答案.....	384		







# 第 1 章

## 计算机系统知识

### 1.1 备考指南

#### 1.1.1 考纲要求

根据考试大纲中相应的考核要求,在“计算机系统知识”模块中,要求考生掌握以下方面的内容。

##### 1. 数值及其转换

二进制、十进制和十六进制等常用数制及其相互转换

##### 2. 计算机内数据的表示

- 数的表示(原码、反码、补码、移码表示,整数和实数的机内表示,精度和溢出)
- 非数值表示(字符和汉字表示、声音表示、图像表示)、校验方法和校验码

##### 3. 算术运算和逻辑运算

- 计算机中的二进制数运算方法
- 逻辑代数的基本运算

##### 4. 其他数学基础知识

##### 5. 计算机系统的组成、体系结构的分类及特性

- CPU 和存储器的组成、性能和基本工作原理
- 常用 I/O 设备、通信设备的性能以及基本工作原理
- I/O 接口的功能、类型和特性
- CISC/RISC、流水线操作、多处理机、并行处理

## 6. 存储系统

- 虚拟存储器的基本工作原理、多级存储体系
- RAID 的类型和特性

## 7. 可靠性与系统性能评测的基础知识

- 诊断和容错
- 系统可靠性分析评价
- 计算机系统性能评测方式

## 1.1.2 考点统计

“计算机概论”模块,在历次软件设计师考试试卷中出现的考核知识点及分值分布情况如表 1.1 所示。

表 1.1 历次考点统计表

年份	题号	知识点	分值
2017 年 下半年	上午: 2~7	指令系统、主存与 Cache 的地址映射方式、内存编址、存储器、海明码、CPU 控制方式	6 分
	下午: 无	无	0 分
2017 年 上半年	上午: 1~6	CPU 构成组件、算术逻辑运算、DMA、系统可靠度计算、海明码、Cache	6 分
	下午: 无	无	0 分
2016 年 下半年	上午: 1~6	指令系统、浮点数、海明码、指令流水线、主存与 Cache 的地址映射方式	6 分
	下午: 无	无	0 分
2016 年 上半年	上午: 1~6	指令系统、主存与 Cache 的地址映射方式、补码、移位指令、内存编码、总线	6 分
	下午: 无	无	0 分
2015 年 下半年	上午: 1~6	直接存储器存取方式、虚拟存储器、浮点数、寻址方式、内存编址、指令系统	6 分
	下午: 无	无	0 分
2015 年 上半年	上午: 1~6	CPU 访问速度、定点小数、Cache 的地址映像方式、中断、总线带宽、指令流水线	6 分
	下午: 无	无	0 分
2014 年 下半年	上午: 1~6	总线结构、分级存储体系、CPU 的算术逻辑单元、内存编码、RISC 和 CISC 指令系统、计算机 Flynn 分类法	6 分
	下午: 无	无	0 分
2014 年 上半年	上午: 1~6	CPU 构成组件、定点数、海明码、指令流水线、内存编址	6 分
	下午: 无	无	0 分

## 1.1.3 命题特点

纵观历次试卷,本章知识点是以选择题的形式出现在试卷中的。在历次考试上午试卷中,所考查的题量大约为 6 道选择题,所占分值为 6 分(约占试卷总分值 75 分中的 8%)。本

章试题主要考查考生是否掌握了相关的理论知识，难度中等。

## 1.2 考点串讲

### 1.2.1 数据表示与校验码

#### 一、数据表示

各种数据在计算机中表示的形式称为机器数，其特点是数的符号用 0、1 表示。机器数对应的实际数值称为该数的真值。机器数又分为无符号数和带符号数两种。无符号数表示正数，在机器数中没有符号位。对于带符号数，机器数的最高位是表示正、负的符号位，其余二进制位表示数值。带符号的机器数可采用原码、反码、补码和移码等编码方法。机器数的这些编码方法称为码制。

##### 1. 原码、反码、补码和移码

###### 1) 原码

在原码表示中，机器数的最高位是符号位，0 代表正号，1 代表负号，余下各位是数的绝对值。零有两个编码，即 $[+0]_{\text{原}}=00000000$ ， $[-0]_{\text{原}}=10000000$ 。原码表示方法的优点在于数的真值和它的原码表示之间的对应关系简单，相互转换容易，用原码实现乘除运算的规则简单；缺点是用原码实现加减运算很不方便。

###### 2) 反码

在反码表示中，机器数的最高位是符号位，0 代表正号，1 代表负号。当符号位为 0 时，其余几位即为此数的二进制值；但当符号位为 1 时，则要把其余几位按位取反，才是它的二进制值。零有两个编码，即 $[+0]_{\text{反}}=00000000$ ， $[-0]_{\text{反}}=11111111$ 。

###### 3) 补码

在补码表示中，机器数的最高位是符号位，0 代表正号，1 代表负号。当符号位为 0(即正数)时，其余几位即为此数的二进制值；但当符号位为 1(即负数)时，其余几位不是此数的二进制值，需把它们按位取反，且最低位加 1，才是它的二进制值。零有唯一的编码，即 $[+0]_{\text{补}}=[-0]_{\text{补}}=00000000$ 。补码表示的两个数在进行加法运算时，只要结果不超出机器所能表示的数值范围，可以把符号位与数值位同等处理，运算后的结果按 2 取模后，得到的新结果就是本次加法运算的结果。

###### 4) 移码

移码表示法是在数  $X$  上增加一个偏移量来定义的，常用于表示浮点数中的阶码。如果机器字长为  $n$ ，规定偏移量为  $2^{n-1}$ ，则移码定义为：若  $X$  是纯整数，则 $[X]_{\text{移}}=2^{n-1}+X(-2^{n-1}\leq X<2^{n-1})$ ；若  $X$  是纯小数，则 $[X]_{\text{移}}=1+X(-1\leq X<1)$ 。

##### 2. 定点数和浮点数

###### 1) 定点数

所谓定点数，就是小数点的位置固定不变的数。小数点的位置通常有两种约定方式：

定点整数(纯整数, 小数点在最低有效数值位之后)和定点小数(纯小数, 小数点在最高有效数值位之前)。

## 2) 浮点数

浮点数是小数点位置不固定的数, 它能表示更大范围的数。浮点数的表示格式如图 1.1 所示。在浮点表示法中, 阶码通常为带符号的纯整数, 尾数为带符号的纯小数。

阶符	阶码	数符	尾数
----	----	----	----

图 1.1 浮点数的表示格式

浮点数通常表示成

$$N = M \cdot R^E$$

式中,  $M$  称为尾数;  $R$  称为基数;  $E$  称为阶码。因此, 若表示一个浮点数, 要给出尾数  $M$ , 它决定了浮点数的表示精度; 同时要给出阶码  $E$ , 它指出了小数点在数据中的位置, 决定了浮点数的表示范围(若表示范围超出了计算机的表达范围, 就称为溢出)。

## 3) 工业标准 IEEE 754

IEEE 754 是由 IEEE 制定的有关浮点数的工业标准, 被广泛采用。该标准的表示形式为

$$(-1)^S 2^E (b_0 b_1 b_2 b_3 \cdots b_{p-1})$$

式中,  $(-1)^S$  为该浮点数的数符, 当  $S$  为 0 时表示正数,  $S$  为 1 时表示负数;  $E$  为指数(阶码), 用移码表示;  $(b_0 b_1 b_2 b_3 \cdots b_{p-1})$  为尾数, 其长度为  $P$  位, 用原码表示。

## 二、校验码

计算机系统运行时, 各个部件之间要进行数据交换, 有两种方法可以确保数据在传送过程中正确无误, 一是提高硬件电路的可靠性; 二是提高代码的校验能力, 包括查错和纠错。通常使用校验码的方法来检测传送的数据是否出错。码距是校验码中的一个重要概念, 所谓码距, 是指一个编码系统中任意两个合法编码之间至少有多少个二进制位不同。

### 1. 奇偶校验

奇偶校验是一种简单有效的校验方法。其基本思想是: 通过在编码中增加一位校验位来使编码中 1 的个数为奇数(奇校验)或者为偶数(偶校验), 从而使码距变为 2。对于奇校验, 它可以检测代码中奇数位出错的编码, 但不能发现偶数位出错的情况, 即当合法编码中奇数位发生了错误, 也就是编码中的 1 变成 0 或 0 变成 1, 则该编码中 1 的个数的奇偶性就发生了变化, 从而可以发现错误。

常用的奇偶校验码有 3 种: 水平奇偶校验码、垂直奇偶校验码和水平垂直奇偶校验码。

### 2. 海明码

海明码的构成方法是: 在数据位之间插入  $k$  个校验码, 通过扩大码距来实现检错和纠错。设数据位是  $n$  位, 校验位是  $k$  位, 则  $n$  和  $k$  必须满足  $2^k - 1 \geq n + k$  的关系。

### 3. 循环冗余校验码

循环冗余校验码(CRC)广泛应用于数据通信领域和磁介质存储系统中。它利用生成多项式为  $k$  个数据位产生  $r$  个校验位来进行编码, 其编码长度为  $k+r$ 。CRC 的代码格式如图 1.2 所示。

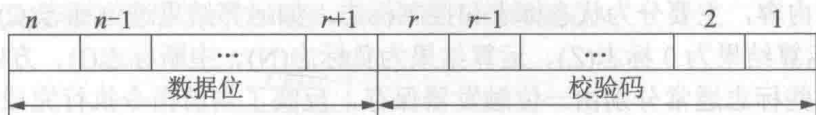


图 1.2 CRC 的代码格式

由此可知,循环冗余校验码是由两部分组成的,左边为信息码(数据),右边为校验码。若信息码占  $k$  位,则校验码就占  $n-k$  位。其中,  $n$  为 CRC 码的字长,所以 CRC 码又称为  $(n, k)$  码。校验码是由信息码产生的,校验码位数越长,该代码的校验能力就越强。在求 CRC 编码时,采用的是模 2 运算。模 2 运算加减运算的规则是按位运算,不发生借位和进位。

## 1.2.2 计算机系统硬件组成

### 一、计算机系统硬件的基本组成

计算机系统的基本硬件由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部件组成。运算器、控制器等部件被集成在一起,统称为中央处理单元(Central Processing Unit, CPU)。CPU 是硬件系统的核心,用于数据的加工处理,能完成各种算术、逻辑运算及控制功能。存储器是计算机系统记忆设备,分为内部存储器和外部存储器。前者速度快、容量小,一般用于临时存放程序、数据及中间结果;后者容量大、速度慢,可以长期保存程序和数据。输入设备和输出设备合称为外部设备(简称外设),输入设备用于输入原始数据及各种命令,输出设备则用于输出计算机运行的结果。

### 二、中央处理单元

#### 1. CPU 的组成

CPU 主要由运算器、控制器、寄存器组和内部总线等部件组成,主要功能有指令控制、操作控制、时间控制和数据加工。

##### 1) 运算器

运算器由算术逻辑单元(Arithmetic and Logic Unit, ALU)、累加寄存器、数据缓冲寄存器和状态条件寄存器组成,它是数据加工处理部件,完成计算机的各种算术和逻辑运算。相对于控制器而言,运算器接受控制器的命令而进行动作,即运算器所进行的全部操作都是由控制器发出的控制信号来指挥的,所以它是执行部件。运算器有以下两个主要功能。

- 执行所有的算术运算,如加、减、乘、除等基本运算及附加运算。
- 执行所有的逻辑运算并进行逻辑测试,如与、或、非、零值测试或两个值的比较等。

下面简要介绍运算器的各组成部件及其功能。

(1) 算术逻辑单元。ALU 是运算器的重要组成部分,负责处理数据,实现对数据的算术运算和逻辑运算。

(2) 累加寄存器(AC)。AC 通常简称为累加器,它是一个通用寄存器。其功能是当运算器的算术逻辑单元执行算术或逻辑运算时,为 ALU 提供一个工作区。

(3) 数据缓冲寄存器(DR)。在对内存储器进行读写操作时,用 DR 暂时存放由内存储器读写的一条指令或一个数据字,并将不同时间段内读写的数据隔离开。

(4) 状态条件寄存器(PSW)。PSW 保存由算术指令和逻辑指令运行或测试的结果建立的

各种条件码和内容,主要分为状态标志和控制标志,如运算结果进位标志(C)、运算结果溢出标志(V)、运算结果为0标志(Z)、运算结果为负标志(N)、中断标志(I)、方向标志(D)和单步标志等。这些标志通常分别由一位触发器保存,反映了当前指令执行完成之后的状态。通常,一个算术操作产生一个运算结果,而一个逻辑操作则产生一个判决。

## 2) 控制器

运算器只能完成运算,而控制器用于控制整个CPU的工作,它决定了计算机运行过程的自动化。它不仅要保证程序的正确执行,而且要能够处理异常事件。控制器一般包括指令控制逻辑、时序控制逻辑、总线控制逻辑和中断控制逻辑等几个部分。

(1) 指令寄存器(IR)。当CPU执行一条指令时,先把它从内存储器读取到缓冲寄存器中,再送入IR暂存,指令译码器根据IR的内容产生各种微操作指令,控制其他的组成部件工作,从而完成所需的功能。

(2) 程序计数器(PC)。PC具有寄存信息和计数两种功能,又称为指令计数器。程序的执行分两种情况,一种是顺序执行,另一种是转移执行。在程序开始执行前,将程序的起始地址送入PC,该地址在程序加载到内存时确定,因此PC的内容即是程序第一条指令的地址。执行指令时,CPU将自动修改PC的内容,以便使其保存的总是将要执行的下一条指令的地址。由于大多数指令都是按顺序来执行的,所以修改的过程通常只是简单地对PC加1。当遇到转移指令时,后继指令的地址根据当前指令的地址加上一个向前或向后转移的位移量得到,或者根据转移指令给出的直接转移地址得到。

(3) 地址寄存器(AR)。AR保存当前CPU所访问的内存单元的地址。由于内存和CPU存在操作速度上的差异,所以需要使用时AR保存地址信息,直到内存的读/写操作完成为止。

(4) 指令译码器(ID)。指令分为操作码和地址码两部分,为了能执行所有给定的指令,必须对操作码进行分析,以便识别所完成的操作。指令译码器可对指令中的操作码字段进行分析和解释,识别该指令规定的操作,向操作控制器发出具体的控制信号,控制各部件工作,从而完成所需的功能。

## 3) 寄存器组

寄存器组可分为专用寄存器和通用寄存器。运算器和控制器中的寄存器是专用寄存器,其作用是固定的。通用寄存器的用途广泛并可由程序员规定其用途,其数目因处理器的不同而有所差异。

## 2. 多核 CPU

核心(Die)又称为内核,是CPU最重要的组成部分。多核即在一个单芯片上集成两个甚至更多个处理器内核,其中每个内核都有自己的逻辑单元、控制单元、中断处理器、运算单元,一级Cache、二级Cache共享或独有,其部件的完整性和单核处理器内核相比完全一致。

## 1.2.3 存储系统

### 一、存储器的层次结构

计算机的三层存储体系结构如图1.3所示。

三层存储结构是高速缓存(Cache)、主存储器(MM)和辅助存储器(外存储器)。若将CPU内部寄存器也看作是存储器的一个层次,那么存储器的层次分为四层。若有些计算机没有

高速缓存,那么存储器的层次分为两层,即只有主存和辅存。

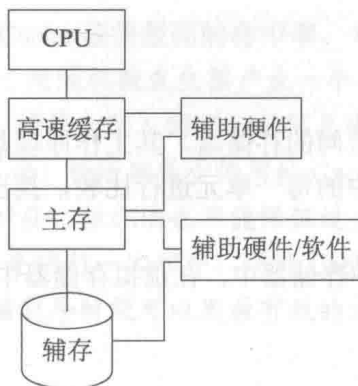


图 1.3 计算机的三层存储体系结构

## 二、存储器的分类

### 1. 按位置分类

存储器按位置分类,可分为内存和外存。

- 内存(主存): 用来存储当前运行所需要的程序和数据,速度快,容量小。
- 外存(辅存): 用来存储当前不参与运行的数据,容量大但速度慢。

### 2. 按材料分类

存储器按材料分类,可分为磁存储器、半导体存储器和光存储器。

- 磁存储器: 用磁性介质做成,如磁芯、磁泡、磁盘、磁带等。
- 半导体存储器: 根据所用元件又可分为双极型和 MOS 型两类;根据是否需要刷新又可分为静态和动态两类。
- 光存储器: 由光学、电学和机械部件等组成,如光盘存储器。

### 3. 按工作方式分类

存储器按工作方式分类,可分为读写存储器和只读存储器。

- 读写存储器: 既能读取数据也能存入数据的存储器。
- 只读存储器: 根据数据写入方式,又可细分为固定只读存储器、可编程只读存储器、可擦除可编程只读存储器、电擦除可编程只读存储器和闪速存储器。

### 4. 按访问方式分类

存储器按访问方式分类,可分为按地址访问的存储器和按内容访问的存储器。

### 5. 按寻址方式分类

存储器按寻址方式分类,可分为随机存储器、顺序存储器和直接存储器。

- 随机存储器(Random Access Memory, RAM): 这种存储器可对任何存储单元存入或读取数据,访问任何一个存储单元所需时间都是相同的。
- 顺序存储器(Sequentially Access Memory, SAM): 访问数据所需时间与数据的存储位置有关,磁带是典型的顺序存储器。
- 直接存储器(Direct Access Memory, DAM): 介于随机存取和顺序存取之间的一种

寻址方式。磁盘是一种直接存储器,它对磁道的寻址是随机的,而在一个磁道内,则是顺序寻址。

### 三、相联存储器

相联存储器是一种按内容访问的存储器。其工作原理是把数据或数据的某一部分作为关键字,将该关键字与存储器中的每一单元进行比较,找出存储器中所有与关键字相同的数据。

相联存储器可用在高速缓冲存储器中,在虚拟存储器中用作段表、页表或快表存储器,还可以用在数据库和知识库中。

### 四、高速缓存

高速缓存(Cache)是位于 CPU 和主存之间的高速存储子系统。采用高速缓存的主要目的是提高存储器的平均访问速度,使存储器的速度与 CPU 的速度相匹配。Cache 的存在对程序员是透明的。其地址变换和数据块的替换算法均由硬件实现。通常 Cache 被集成到 CPU 内,以提高访问速度,其主要特点是容量小、速度快、成本高。

#### 1. Cache 的组成

Cache 由两部分组成:控制部分和 Cache 存储器部分。Cache 存储器部分用来存放主存的部分复制信息。控制部分的功能是:判断 CPU 要访问的信息是否在 Cache 存储器中,若在即为命中,若不在则没有命中。命中时直接对 Cache 存储器寻址;未命中时,要按照替换原则,决定主存的某一块信息放到 Cache 的哪一块中。

#### 2. Cache 中的地址映像方法

因为处理机都是按主存地址访问的,而应从 Cache 存储器中读写信息,因此就需要地址映像,即把主存中的地址映射成 Cache 存储器中的地址。地址映像的方法有三种:直接映像、全相联映像和组相联映像。

(1) 直接映像就是主存的块与 Cache 中块的对应关系是固定的。主存中的块只能存放在 Cache 存储器的相同块号中。因此,只要主存地址中的主存区号与 Cache 中的主存区号相同,则表明访问 Cache 命中。一旦命中,通过主存地址中的区内块号立即可得到要访问的 Cache 中的块。这种方式的优点是地址变换很简单,缺点是灵活性差。

(2) 全相联映像允许主存的任一块可以调入 Cache 的任一块的空间。在地址变换时,将主存地址高位表示的主存块号与 Cache 中的主存块号进行比较,若相同则为命中。这种方式的优点是主存的块调入 Cache 的位置不受限制,十分灵活;其缺点是无法从主存块号中直接获得 Cache 的块号,变换比较复杂,速度比较慢。

(3) 组相联映像是前面两种方法的折衷,具体做法是将 Cache 中的块再分成组。组相联映像就是规定组采用直接映像方法而块采用全相联映像方法。在组相联映像方法中,通过直接映像方法来决定组号,在一组内再用全相联映像方法来决定 Cache 中的块号。由主存地址高位决定主存区号,与 Cache 中的区号比较可决定是否命中。主存后面的地址即为组号,但组块号要根据全相联映像方法确定,由记录可以决定组内块号。



### 3. 替换算法

选择替换算法的目标是使 Cache 获得最高的命中率。常用的替换算法有以下几种。

- 随机替换(RAND)算法: 用随机数发生器产生一个要替换的块号, 将该块替换出去。
- 先进先出(FIFO)算法: 将最先进入的 Cache 信息块替换出去。
- 近期最少使用(LRU)算法: 将近期最少使用的 Cache 中的信息块替换出去。这种算法较先进先出算法要好些, 但此法也不能保证过去不常用的将来也不常用。
- 优化替换(OPT)算法: 先执行一次程序, 统计 Cache 的替换情况。有了这样的先验信息, 在第二次执行该程序时便可以用最有效的方式来替换, 达到最优目的。

### 4. Cache 的性能分析

若  $H$  为 Cache 的命中率,  $t_c$  为 Cache 的存取时间,  $t_m$  为主存的访问时间, 则 Cache 的等效访问时间  $t_a$  为

$$t_a = Ht_c + (1-H)t_m$$

使用 Cache 比不使用 Cache 的 CPU 访问存储器的速度提高的倍数  $r$  可以用下式求得

$$r = t_m / t_a$$

## 五、虚拟存储器

虚拟存储器是由主存、辅存、存储管理单元及操作系统中的存储管理软件组成的存储系统。程序员使用该存储系统时, 可以使用的内存空间可远远大于主存的物理空间, 但实际上并不存在那么大的主存, 故称其为虚拟存储器。虚拟存储器的空间大小取决于计算机的访存能力而不是实际外存的大小, 实际存储空间可以小于虚拟地址空间。从程序员的角度看, 外存被看作逻辑存储空间, 访问的地址是一个逻辑地址(虚地址), 虚拟存储器使存储系统既具有相当于外存的容量又具有接近于主存的访问速度。

虚拟存储器的访问也涉及虚地址与实地址的映像、替换算法等, 这与 Cache 中的类似。前面讲的地址映像以块为单位, 而在虚拟存储器中, 地址映像以页为单位。设计虚拟存储系统需考虑的指标是主存空间利用率和主存的命中率。

## 六、外存储器

外存储器用来存放暂时不用的程序和数据, 并且以文件的形式存储。CPU 不能直接访问外存中的程序和数据, 将其以文件为单位调入主存后方可访问。外存由磁表面存储器(如磁盘、磁带)及光盘存储器构成。

### 1. 磁盘存储器

磁盘存储器由盘片、驱动器、控制器和接口组成。盘片用于存储信息; 驱动器用于驱动磁头沿盘面径向运动以寻找目标磁道位置, 驱动盘片以额定速率稳定旋转, 并且控制数据的写入和读出; 控制器接收主机发来的命令, 将它转换成磁盘驱动器的控制命令, 并实现主机和驱动器之间数据格式的转换及数据传送, 以控制驱动器的读写操作; 接口是主机和磁盘存储器之间的连接逻辑。

磁盘容量有两种指标: 一种是非格式化容量, 它是指一个磁盘所能存储的总位数; 另一种是格式化容量, 它是指各扇区中数据区容量的总和。计算公式分别如下: