



全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试指定用书

软件设计师教程 (第4版)

褚华 主编

全国计算机专业技术资格考试办公室组编

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

软件设计师教程

（第4版）

褚华 主编

全国计算机专业技术资格考试办公室组编

清华大学出版社

内 容 简 介

本书作为中级职称的软考指定教材,具有比较权威的指导意义。本书根据《软件设计师考试大纲》的重点内容,阐述了12章的内容,考生在学习教材内容的同时,还须对照考试大纲(2014版),认真学习和复习大纲的知识点。

本书是在《软件设计师考试大纲》的指导下,对《软件设计师教程(第三版)(修订版)》进行了认真修编,部分章节重写后形成的。在本书中,强化了软件工程部分的知识,增加了Web应用系统分析与设计知识。

本书适合参加本书考试的考生和大学在校生作为教材。

本书扉页为防伪页,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

软件设计师教程/褚华主编.—4版.—北京:清华大学出版社,2014

(全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试指定用书)

ISBN 978-7-302-37045-1

I. ①软… II. ①褚… III. ①软件设计-工程技术人员-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(2014)第143031号

责任编辑:柴文强 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:徐俊伟

责任印制:宋 林

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 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×230mm 印 张:44.5 防伪页:1 字 数:967千字

版 次:2004年7月第1版 2014年9月第4版 印 次:2014年9月第1次印刷

印 数:1~20000

定 价:79.00元

产品编号:060347-01

序 言

由人力资源和社会保障部、工业和信息化部共同组织的“全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试”（简称软考），肩负着科学评价选拔软件专业技术人才的光荣使命，肩负着正确引导软件行业专业技术人员潜心钻研、提高能力、加强创新的光荣使命，肩负着加强软件行业专业技术人员队伍建设的光荣使命。自 1991 年开考以来，软考坚持专业化、国际化、品牌化的发展方向，全国累计报名人数 330 万人，培养选拔软件行业专业技术人员 64 万人，部分考试标准与日本、韩国互认，为全国计算机和软件专业技术人员（包括香港、澳门和台湾地区来大陆就业的人员）提供了科学的评价体系和评价机制，为推动“两化”深度融合，提高工业信息化水平，走新型工业化道路提供了有力支撑。

党中央、国务院一直高度重视信息技术产业发展。以 2000 年的《国务院关于印发鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策的通知》（国发【2000】18 号文件）和 2011 年的《国务院关于印发进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策的通知》（国发【2011】4 号文件）为重要标志的一系列政策措施，为软件产业和集成电路产业乃至整个信息技术产业发展提供了强劲动力。2011 年，我国软件产业实现业务收入超过 1.84 万亿元，产业规模是 2005 年的 4.7 倍，同比增长 32.4%，超过“十一五”期间平均增速 4.4 个百分点，实现了“十二五”的良好开局。软件产业占电子信息产业比重从 2000 年的 5.8% 上升到 19.9%。软件企业数量超过 3 万家，从业人数超过 300 万人。2012 年上半年，我国软件产业实现软件业务收入 10988 亿元，同比增长 26.2%。软件和信息服务业的持续快速发展，国民经济和社会信息化建设的深入开展，使软件人才和信息技术人才供给不足的问题依旧突出。按照国发【2011】4 号文件提出的“努力培养国际化、复合型、实用性人才”的要求，工业和信息化部教育与考试中心组织一批理论水平高、实践经验丰富的专家学者和业界精英，结合考试大纲和软件产业技术发展趋势，对原有的“全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试教材和辅导用书”进行了更新，为广大软件行业从业人员提高学习能力、实践能力、创新能力和职业道德水平提供了依据。

当前，我国正处在全面建成小康社会的决定性阶段。坚持走中国特色新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化道路，推动信息化和工业化深度融合、工业化和城镇化良性互动、城镇化和农业现代化相互协调，促进工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展，是党中央的重要战略部署。造就规模宏大、素质优良的人才队伍，推动我国由人才大国迈向人才强国，既是

构成这一重要战略部署的紧迫任务，也是实施这一重要战略部署的关键措施。从现在起至全面建成小康社会的这一历史时期，信息技术仍然是走中国特色新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化道路的先导性技术；全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试也应该看做是落实党的十八大关于“推进各类人才队伍建设，实施重大人才工程，加大创新创业人才培养支持力度，重视实用人才培养”指示的重要组成部分。好雨知时节，当春乃发生——我相信，全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试教材和辅导用书的及时更新必将为我国信息技术人才队伍发展壮大、为软件和信息服务业做大做强、为服务经济转型升级做出更大的贡献；同时我们也要注意，近年来，以云计算、物联网、移动互联网和大数据技术等为热点的新一代信息技术，正在对软件和信息服务业带来一系列深刻变化，也对软件和信息技术在各个领域的应用产生重要影响，我希望，在保持这套教材和辅导用书在一个时期内相对稳定的同时，也要注意及时反映信息技术的新变化、新进展，以跟上软件和信息服务业蓬勃发展的需要，跟上信息化以及新型工业化、城镇化和农业现代化建设蓬勃发展的需要。



前 言

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试实施至今已经历了二十余年，在社会上产生了很大的影响，对我国软件产业的形成和发展做出了重要的贡献。为了适应我国计算机信息技术发展的需求，人力资源和社会保障部、工业和信息化部决定将考试的级别拓展到计算机信息技术行业的各个方面，以满足社会上对各种计算机信息技术人才的需要。

编者受全国计算机专业技术资格考试办公室委托，对《软件设计师教程（第三版）修订版》进行改写，以适应新的考试大纲要求。在考试大纲中，要求考生掌握的知识面很广，每个章节的内容都能构成相关领域的一门课程，因此编写的难度很高。考虑到参加考试的人员已有一定的基础，所以本书中只对考试大纲中所涉及的知识领域的要点加以阐述，但限于篇幅所限，不能详细地展开，请读者谅解。

全书共分 12 章，各章节内容安排如下：

第 1 章主要介绍计算机系统基础知识、计算机体系结构以及安全性、可靠性和系统性能评测基础。

第 2 章主要介绍程序设计语言的基本概念与基本成分，阐述了汇编程序、编译程序与解释程序的基本原理。

第 3 章主要介绍操作系统中处理机管理、存储管理、设备管理、文件管理、作业管理以及网络与嵌入式操作系统基础知识。

第 4 章主要介绍软件工程中软件过程与过程模型、软件开发方法、软件工具与软件开发环境、软件项目管理、风险管理、软件度量基础知识。

第 5 章主要介绍系统分析与设计、需求分析与需求工程、结构化分析与设计、Web 应用系统分析与设计、用户界面设计、测试以及系统运行与维护基础知识。

第 6 章主要介绍网络与媒体基础知识，包括网络体系结构、网络互连设备、网络构件、网络应用和安全，以及多媒体声音、图形图像、动画与食品、多媒体网络与多媒体计算机方面的基础知识。

第 7 章主要介绍数据库的基本概念、数据模型、关系代数、SQL 语言、规范化理论和事务处理。

第 8 章主要介绍数据结构的基础知识，包括线性结构、数组、矩阵、广义表、树和图，以及查找和排序的基本方法和算法。

第9章主要介绍算法设计与分析的基本概念,包括分治法、动态规划法、贪心法、回溯法、分支界限法及其他算法。

第10章主要介绍面向对象的基本概念和面向对象开发技术,包括面向对象的分析与设计方法,以及设计模式的概念和应用。

第11章主要介绍标准化与知识产权基础知识。

第12章主要介绍结构化分析与设计、数据库分析与设计、面向对象分析与设计、算法分析与设计以及面向过程、面向对象的程序设计与实现。

本书第1章、第2章由张淑平编写,第3章由王亚平编写,第4章、第5章由褚华、霍秋艳编写,第6章由严体华、马志新、强编写,第7章由王亚平编写,第8章由张淑平、陈静玉编写,第9章由覃桂敏、褚华编写,第10章由霍秋艳、褚华编写,第11章由刘强编写,第12章由王亚平、褚华、霍秋艳、覃桂敏、张淑平编写,最后由褚华统稿。

在本书的编写过程中,参考了许多相关的书籍和资料,编者在此对这些参考文献的作者表示感谢。同时感谢清华大学出版社在本书出版过程中所给予的支持和帮助。

因水平有限,书中难免存在错漏和不妥之处,望读者指正,以利改进和提高。

编者

2014年5月

目 录

第 1 章 计算机系统知识1	
1.1 计算机系统基础知识.....1	
1.1.1 计算机系统硬件基本组成.....1	
1.1.2 中央处理单元.....1	
1.1.3 数据表示.....4	
1.1.4 校验码.....9	
1.2 计算机体系结构.....11	
1.2.1 计算机体系结构的发展.....11	
1.2.2 存储系统.....19	
1.2.3 输入/输出技术.....29	
1.2.4 总线结构.....33	
1.3 安全性、可靠性与系统性能评测基础知识.....34	
1.3.1 计算机安全概述.....34	
1.3.2 加密技术和认证技术.....37	
1.3.3 计算机可靠性.....45	
1.3.4 计算机系统的性能评价.....47	
第 2 章 程序设计语言基础知识52	
2.1 程序设计语言概述.....52	
2.1.1 程序设计语言的基本概念.....52	
2.1.2 程序设计语言的基本成分.....56	
2.2 语言处理程序基础.....62	
2.2.1 汇编程序基本原理.....62	
2.2.2 编译程序基本原理.....64	
2.2.3 解释程序基本原理.....91	
第 3 章 操作系统知识94	
3.1 操作系统基础知识.....94	
3.1.1 操作系统的定义与作用.....94	
3.1.2 操作系统的特征与功能.....94	
3.1.3 操作系统的发展及分类.....95	
3.2 处理机管理.....98	
3.2.1 基本概念.....98	
3.2.2 进程的控制.....102	
3.2.3 进程间的通信.....102	
3.2.4 管程.....106	
3.2.5 进程调度.....108	
3.2.6 死锁.....110	
3.2.7 线程.....114	
3.3 存储管理.....115	
3.3.1 基本概念.....115	
3.3.2 存储管理方案.....116	
3.3.3 分页存储管理.....118	
3.3.4 分段存储管理.....120	
3.3.5 段页式存储管理.....122	
3.3.6 虚拟存储管理.....122	
3.4 设备管理.....128	
3.4.1 设备管理概述.....128	
3.4.2 I/O 软件.....129	
3.4.3 设备管理采用的相关缓冲技术.....130	
3.4.4 磁盘调度.....132	
3.5 文件管理.....134	
3.5.1 文件与文件系统.....135	
3.5.2 文件的结构和组织.....136	
3.5.3 文件目录.....137	
3.5.4 存取方法和存储空间的管理.....139	
3.5.5 文件的使用.....141	
3.5.6 文件的共享和保护.....141	
3.5.7 系统的安全与可靠性.....143	
3.6 作业管理.....145	
3.6.1 作业与作业控制.....145	
3.6.2 作业调度.....146	
3.6.3 用户界面.....147	
3.7 网络与嵌入式操作系统基础知识.....148	

3.7.1	网络操作系统	148	4.5.3	进度管理	185
3.7.2	嵌入式操作系统	149	4.5.4	软件项目的组织	188
3.8	UNIX 操作系统实例	150	4.5.5	软件质量管理	190
3.8.1	UNIX 操作系统	150	4.5.6	软件配置管理	197
3.8.2	UNIX 文件系统	150	4.6	风险管理	199
3.8.3	UNIX 进程与存储管理	152	4.6.1	软件风险	199
3.8.4	UNIX 设备管理	152	4.6.2	风险识别	200
3.8.5	shell 程序	154	4.6.3	风险预测	201
第4章	软件工程基础知识	159	4.6.4	风险评估	202
4.1	软件工程概述	159	4.6.5	风险控制	202
4.1.1	计算机软件	160	4.7	软件度量	203
4.1.2	软件工程基本原理	161	4.7.1	软件度量分类	203
4.1.3	软件生存周期	163	4.7.2	软件复杂性度量	205
4.1.4	软件过程	164	第5章	系统开发与运行	207
4.2	软件过程模型	168	5.1	系统分析与设计概述	207
4.2.1	瀑布模型 (Waterfall Model)	168	5.1.1	系统分析概述	207
4.2.2	增量模型 (Incremental Model)	170	5.1.2	系统设计的基本原理	208
4.2.3	演化模型 (Evolutionary Model)	170	5.1.3	系统设计的内容和步骤	211
4.2.4	喷泉模型 (Water Fountain Model)	173	5.1.4	系统总体结构设计	212
4.2.5	基于构件的开发模型 (Component-based Development Model)	173	5.1.5	系统文档	217
4.2.6	形式化方法模型 (Formal Methods Model)	174	5.2	需求分析与需求工程	218
4.3	软件开发方法	174	5.2.1	软件需求	218
4.3.1	结构化方法	174	5.2.2	需求分析原则	219
4.3.2	Jackson 方法	175	5.2.3	需求工程	219
4.3.3	原型方法	175	5.2.4	需求建模	220
4.3.4	面向对象方法	175	5.2.5	需求规约与验证	221
4.3.5	敏捷方法	176	5.2.6	需求管理	222
4.4	软件工具与软件开发环境	177	5.3	结构化分析方法	223
4.4.1	软件工具	177	5.3.1	结构化分析方法概述	223
4.4.2	软件开发环境	179	5.3.2	数据流图	223
4.5	软件项目管理	180	5.3.3	数据字典 (DD)	233
4.5.1	软件项目管理设计的范围	180	5.4	结构化设计方法	235
4.5.2	软件项目估算	182	5.4.1	结构图	235
			5.4.2	结构化设计的步骤	235
			5.4.3	数据流图到软件体系结构的映射	236

5.5	Web 应用系统分析与设计	238	6.5	网络安全	316
5.5.1	WebApp 的特性	238	6.5.1	网络安全概述	316
5.5.2	Web 应用系统分析模型	239	6.5.2	网络的信息安全	318
5.6	用户界面设计	242	6.5.3	防火墙技术	322
5.6.1	用户界面设计的黄金原则	242	6.6	多媒体的基本概念	328
5.6.2	用户界面的分析与设计	244	6.6.1	虚拟现实基本概念	330
5.6.3	用户界面设计问题	245	6.6.2	声音	332
5.7	测试基础知识	247	6.6.3	图形和图像	337
5.7.1	系统测试与调试	247	6.6.4	动画和视频	344
5.7.2	传统软件的测试策略	249	6.7	多媒体网络	351
5.7.3	测试方法	256	6.7.1	超文本与超媒体	352
5.7.4	调试	259	6.7.2	流媒体	353
5.7.5	测试 Web 应用系统	261	6.8	多媒体计算机系统	355
5.8	系统运行和维护知识	262	6.8.1	多媒体计算机硬件系统	355
5.8.1	系统转换	262	6.8.2	多媒体计算机软件系统	356
5.8.2	系统维护概述	264	第7章 数据库技术基础		359
5.8.3	系统评价	267	7.1	基本概念	359
第6章 网络与多媒体基础知识		269	7.1.1	数据库与数据库管理系统	359
6.1	网络概述	269	7.1.2	DBMS 的功能	360
6.1.1	计算机网络的概念	269	7.1.3	DBMS 的特征及分类	361
6.1.2	计算机网络的分类	272	7.1.4	数据库系统的体系结构	362
6.1.3	网络的拓扑结构	273	7.1.5	数据库的三级模式结构	365
6.1.4	ISO/OSI 网络体系结构	275	7.1.6	大数据	367
6.2	网络互连硬件	278	7.2	数据模型	370
6.2.1	网络的设备	278	7.2.1	数据模型的基本概念	370
6.2.2	网络的传输介质	281	7.2.2	数据模型的三要素	370
6.2.3	组建网络	283	7.2.3	E-R 模型	370
6.3	网络的协议与标准	286	7.2.4	层次模型	376
6.3.1	网络的标准	286	7.2.5	网状模型	378
6.3.2	局域网协议	288	7.2.6	关系模型	380
6.3.3	广域网协议	293	7.2.7	面向对象模型	381
6.3.4	TCP/IP 协议族	296	7.3	关系代数	382
6.4	Internet 及应用	301	7.3.1	关系数据库的基本概念	382
6.4.1	Internet 概述	302	7.3.2	5 种基本的关系代数运算	387
6.4.2	Internet 地址	302	7.3.3	扩展的关系代数运算	389
6.4.3	Internet 服务	310	7.4	关系数据库 SQL 语言简介	397

7.4.1	SQL 数据库体系结构	398	8.4.5	最短路径	471
7.4.2	SQL 的基本组成	398	8.5	查找	473
7.4.3	SQL 数据定义	399	8.5.1	查找的基本概念	473
7.4.4	SQL 数据查询	404	8.5.2	静态查找表的查找方法	474
7.4.5	SQL 数据更新	412	8.5.3	动态查找表	478
7.4.6	SQL 访问控制	413	8.5.4	哈希表	485
7.4.7	嵌入式 SQL	415	8.6	排序	489
7.5	关系数据库的规范化	416	8.6.1	排序的基本概念	489
7.5.1	函数依赖	416	8.6.2	简单排序	490
7.5.2	规范化	417	8.6.3	希尔排序	491
7.5.3	模式分解及分解应具有的特性	419	8.6.4	快速排序	493
7.6	数据库的控制功能	420	8.6.5	堆排序	494
7.6.1	事务管理	420	8.6.6	归并排序	496
7.6.2	数据库的备份与恢复	421	8.6.7	基数排序	497
7.6.3	并发控制	422	8.6.8	内部排序方法小结	498
第 8 章	数据结构	425	8.6.9	外部排序	499
8.1	线性结构	425	第 9 章	算法设计与分析	503
8.1.1	线性表	425	9.1	算法设计与分析的基本概念	503
8.1.2	栈和队列	430	9.1.1	算法	503
8.1.3	串	434	9.1.2	算法设计	503
8.2	数组、矩阵和广义表	439	9.1.3	算法分析	504
8.2.1	数组	439	9.1.4	算法的表示	504
8.2.2	矩阵	441	9.2	算法分析基础	504
8.2.3	广义表	442	9.2.1	时间复杂度	504
8.3	树	443	9.2.2	渐进符号	505
8.3.1	树与二叉树的定义	444	9.2.3	递归式	506
8.3.2	二叉树的性质与存储结构	445	9.3	分治法	509
8.3.3	二叉树的遍历	448	9.3.1	递归的概念	509
8.3.4	线索二叉树	451	9.3.2	分治法的基本思想	510
8.3.5	最优二叉树	452	9.3.3	分治法的典型实例	510
8.3.6	树和森林	456	9.4	动态规划法	514
8.4	图	459	9.4.1	动态规划法的基本思想	514
8.4.1	图的定义与存储	459	9.4.2	动态规划法的典型实例	515
8.4.2	图的遍历	463	9.5	贪心法	520
8.4.3	生成树及最小生成树	466	9.5.1	贪心法的基本思想	520
8.4.4	拓扑排序和关键路径	468	9.5.2	贪心法的典型实例	521

9.6	回溯法	524	11.2.1	知识产权基本概念	612
9.6.1	回溯法的算法框架	524	11.2.2	计算机软件著作权	616
9.6.2	回溯法的典型实例	527	11.2.3	计算机软件的商业秘密权	627
9.7	其他算法	532	11.2.4	专利权概述	629
9.7.1	分支限界法	532	11.2.5	企业知识产权的保护	634
9.7.2	概率算法	533	第 12 章	软件系统分析与设计	637
9.7.3	近似算法	535	12.1	结构化分析与设计	637
第 10 章	面向对象技术	536	12.1.1	需求说明	639
10.1	面向对象基础	536	12.1.2	结构化分析	639
10.1.1	面向对象的基本概念	536	12.1.3	总体设计	641
10.1.2	面向对象分析	539	12.1.4	详细设计	642
10.1.3	面向对象设计	540	12.2	数据库分析与设计	643
10.1.4	面向对象程序设计	541	12.2.1	数据库设计的步骤	643
10.1.5	面向对象测试	546	12.2.2	需求分析	643
10.2	UML	547	12.2.3	概念结构设计	645
10.2.1	事物	547	12.2.4	逻辑结构设计	648
10.2.2	关系	549	12.2.5	数据库的物理设计	650
10.2.3	UML 中的图	550	12.2.6	数据库的实施与维护	653
10.3	设计模式	561	12.2.7	案例分析	656
10.3.1	设计模式的要素	561	12.3	面向对象分析与设计	661
10.3.2	创建型设计模式	562	12.3.1	面向对象分析与设计的步骤	661
10.3.3	结构型设计模式	567	12.3.2	需求说明	662
10.3.4	行为设计模式	576	12.3.3	建模用例	663
10.3.5	应用举例	590	12.3.4	建模活动	664
第 11 章	标准化和软件知识产权基础知识	594	12.3.5	设计类图	666
11.1	标准化基础知识	594	12.3.6	建模对象状态	666
11.1.1	标准化的基本概念	594	12.3.7	建模序列图	668
11.1.2	信息技术标准化	602	12.4	算法分析与设计	669
11.1.3	标准化组织	604	12.4.1	C 程序设计语言与实现	670
11.1.4	ISO 9000 标准简介	608	12.4.2	算法设计与实现	683
11.1.5	ISO/IEC 15504 过程评估标准简介	610	12.5	面向对象的程序设计与实现	695
11.2	知识产权基础知识	612	12.5.1	设计与实现方法	695
			12.5.2	设计模式的应用	696

第 1 章 计算机系统知识

1.1 计算机系统基础知识

1.1.1 计算机系统硬件基本组成

计算机的基本硬件系统由运算器、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。而后者容量大、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,而输出设备则用于输出处理结果。

1.1.2 中央处理单元

1. CPU 的功能

(1) 程序控制。CPU 通过执行指令来控制程序的执行顺序,这是 CPU 的重要功能。

(2) 操作控制。一条指令功能的实现需要若干操作信号配合来完成,CPU 产生每条指令的操作信号并将操作信号送往不同的部件,控制相应的部件按指令的功能要求进行操作。

(3) 时间控制。CPU 对各种操作进行时间上的控制,即指令执行过程中操作信号的出现时间、持续时间及出现的时间顺序都需要进行严格控制。

(4) 数据处理。CPU 通过对数据进行算术运算及逻辑运算等方式进行加工处理,数据加工处理的结果被人们所利用。所以,对数据的加工处理也是 CPU 最根本的任务。

2. 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,如图 1-1 所示。

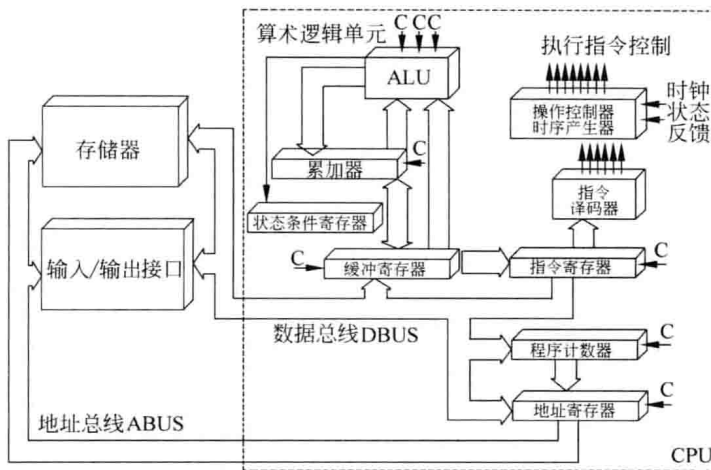


图 1-1 CPU 基本组成结构示意图

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，用于完成计算机的各种算术和逻辑运算。相对控制器而言，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。运算器有如下两个主要功能。

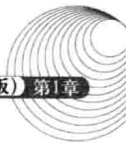
- (1) 执行所有的算术运算，如加、减、乘、除等基本运算及附加运算。
- (2) 执行所有的逻辑运算并进行逻辑测试，如与、或、非、零值测试或两个值的比较等。

下面简要介绍运算器中各组成部件的功能。

(1) 算术逻辑单元。ALU 是运算器的重要组成部件，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。例如，在执行一个减法运算前，先将被减数取出暂存在 AC 中，再从内存储器中取出减数，然后同 AC 的内容相减，将所得的结果送回 AC 中。运算的结果是放在累加器中的，运算器中至少要有一个累加寄存器。

(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，将不同时间段内读/写的数据隔离开来。DR 的主要作用为：作为 CPU 和内存、外部设备之间数据传送的中转站；作为 CPU 和内存、外围设备之间在操作速度上的缓冲；在单累加器结构的运算器中，数据缓冲寄存器还可兼作为操作数寄存器。



(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内容, 主要分为状态标志和控制标志, 例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 1 位触发器保存, 保存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。

指令控制逻辑要完成取指令、分析指令和执行指令的操作, 其过程分为取指令、指令译码、按指令操作码执行、形成下一条指令地址等步骤。

(1) 指令寄存器 (IR)。当 CPU 执行一条指令时, 先把它从内存储器取到缓冲寄存器中, 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, 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, 一是顺序执行, 二是转移执行。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, 以便使其保持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的地址得到。

(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 存在着操作速度上的差异, 所以需要 AR 保持地址信息, 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, 为了能执行任何给定的指令, 必须对操作码进行分析, 以便识别所完成的操作。指令译码器就是对指令中的操作码字段进行分析解释, 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, 完成所需的功能。

时序控制逻辑要为每条指令按时间顺序提供应有的控制信号。总线逻辑是为多个功能部件服务的信息通路的控制电路。中断控制逻辑用于控制各种中断请求, 并根据优先级的高低对中断请求进行排队, 逐个交给 CPU 处理。

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。通用寄存器用途广泛并可由程序员规定其用途, 其数目因处理器不同有所差异。

3. 多核 CPU

核心又称为内核,是 CPU 最重要的组成部分。CPU 中心那块隆起的芯片就是核心,是由单晶硅以一定的生产工艺制造出来的,CPU 所有的计算、接收/存储命令、处理数据都由核心执行。各种 CPU 核心都具有固定的逻辑结构,一级缓存、二级缓存、执行单元、指令级单元和总线接口等逻辑单元都会有合理的布局。

多核即在一个单芯片上面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。

CPU 的主要厂商 AMD 和 Intel 的双核技术在物理结构上有很大不同。AMD 将两个内核放在一个 Die(晶元)上,通过直连架构连接起来,集成度更高。Intel 则是将放在不同核心上的两个内核封装在一起,因此有人将 Intel 的方案称为“双芯”,将 AMD 的方案称为“双核”。从用户端的角度来看,AMD 的方案能够使双核 CPU 的管脚、功耗等指标跟单核 CPU 保持一致,从单核升级到双核,不需要更换电源、芯片组、散热系统和主板,只需要刷新 BIOS 软件即可。

1.1.3 数据表示

各种数值在计算机中表示的形式称为机器数,其特点是采用二进制计数制,数的符号用 0 和 1 表示,小数点则隐含,表示不占位置。机器数对应的实际数值称为数的真值。

机器数有无符号数和带符号数之分。无符号数表示正数,在机器数中没有符号位。对于无符号数,若约定小数点的位置在机器数的最低位之后,则是纯整数;若约定小数点的位置在机器数的最高位之前,则是纯小数。对于带符号数,机器数的最高位是表示正、负的符号位,其余位则表示数值。若约定小数点的位置在机器数的最低数值位之后,则是纯整数;若约定小数点的位置在机器数的最高数值位之前(符号位之后),则是纯小数。

为了便于运算,带符号的机器数可采用原码、反码和补码等不同的编码方法,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) 原码表示法。数值 X 的原码记为 $[X]_{\text{原}}$,如果机器字长为 n (即采用 n 个二进制位表示数据),则原码的定义如下:

$$\text{若 } X \text{ 是纯整数, 则 } [X]_{\text{原}} = \begin{cases} X & 0 \leq X \leq 2^{n-1} - 1 \\ 2^{n-1} + |X| & -(2^{n-1} - 1) \leq X \leq 0 \end{cases}$$

$$\text{若 } X \text{ 是纯小数, 则 } [X]_{\text{原}} = \begin{cases} X & 0 \leq X < 1 \\ 2^0 + |X| & -1 < X \leq 0 \end{cases}$$

【例 1.1】 若机器字长 n 等于 8, 分别给出 +1, -1, +127, -127, +45, -45, +0.5, -0.5

的原码表示。

$$\begin{aligned}
 [+1]_{\text{原}} &= 0\ 0000001 & [-1]_{\text{原}} &= 1\ 0000001 \\
 [+127]_{\text{原}} &= 0\ 1111111 & [-127]_{\text{原}} &= 1\ 1111111 \\
 [+45]_{\text{原}} &= 0\ 0101101 & [-45]_{\text{原}} &= 1\ 0101101 \\
 [+0.5]_{\text{原}} &= 0\ \diamond 1000000 & [-0.5]_{\text{原}} &= 1\ \diamond 1000000 \quad (\text{其中, } \diamond \text{ 是小数点的位置})
 \end{aligned}$$

在原码表示法中, 最高位是符号位, 0 表示正号, 1 表示负号, 其余的 $n-1$ 位表示数值的绝对值。数值 0 的原码表示有两种形式: $[+0]_{\text{原}}=0\ 0000000$, $[-0]_{\text{原}}=1\ 0000000$ 。

(2) 反码表示法。数值 X 的反码记作 $[X]_{\text{反}}$, 如果机器字长为 n , 则反码的定义如下:

$$\begin{aligned}
 \text{若 } X \text{ 是纯整数, 则 } [X]_{\text{反}} &= \begin{cases} X & 0 \leq X \leq 2^{n-1} - 1 \\ 2^n - 1 + X & -(2^{n-1} - 1) \leq X \leq 0 \end{cases} \\
 \text{若 } X \text{ 是纯小数, 则 } [X]_{\text{反}} &= \begin{cases} X & 0 \leq X < 1 \\ 2 - 2^{-(n-1)} + X & -1 < X \leq 0 \end{cases}
 \end{aligned}$$

【例 1.2】 若机器字长 n 等于 8, 分别给出 +1, -1, +127, -127, +45, -45, +0.5, -0.5 的反码表示。

$$\begin{aligned}
 [+1]_{\text{反}} &= 0\ 0000001 & [-1]_{\text{反}} &= 1\ 1111110 \\
 [+127]_{\text{反}} &= 0\ 1111111 & [-127]_{\text{反}} &= 1\ 0000000 \\
 [+45]_{\text{反}} &= 0\ 0101101 & [-45]_{\text{反}} &= 1\ 1010010 \\
 [+0.5]_{\text{反}} &= 0\ \diamond 1000000 & [-0.5]_{\text{反}} &= 1\ \diamond 0111111 \quad (\text{其中, } \diamond \text{ 是小数点的位置})
 \end{aligned}$$

在反码表示中, 最高位是符号位, 0 表示正号, 1 表示负号, 正数的反码与原码相同, 负数的反码则是其绝对值按位求反。数值 0 的反码表示有两种形式: $[+0]_{\text{反}}=0\ 0000000$, $[-0]_{\text{反}}=1\ 1111111$ 。

(3) 补码表示法。数值 X 的补码记作 $[X]_{\text{补}}$, 如果机器字长为 n , 则补码的定义如下:

$$\begin{aligned}
 \text{若 } X \text{ 是纯整数, 则 } [X]_{\text{补}} &= \begin{cases} X & 0 \leq X \leq 2^{n-1} - 1 \\ 2^n + X & -2^{n-1} \leq X \leq 0 \end{cases} \\
 \text{若 } X \text{ 是纯小数, 则 } [X]_{\text{补}} &= \begin{cases} X & 0 \leq X < 1 \\ 2 + X & -1 \leq X < 0 \end{cases}
 \end{aligned}$$

【例 1.3】 若机器字长 n 等于 8, 分别给出 +1, -1, +127, -127, +45, -45, +0.5, -0.5 的补码表示。

$$\begin{aligned}
 [+1]_{\text{补}} &= 0\ 0000001 & [-1]_{\text{补}} &= 1\ 1111111 \\
 [+127]_{\text{补}} &= 0\ 1111111 & [-127]_{\text{补}} &= 1\ 0000001 \\
 [+45]_{\text{补}} &= 0\ 0101101 & [-45]_{\text{补}} &= 1\ 1010011 \\
 [+0.5]_{\text{补}} &= 0\ \diamond 1000000 & [-0.5]_{\text{补}} &= 1\ \diamond 1000000 \quad (\text{其中, } \diamond \text{ 是小数点的位置})
 \end{aligned}$$