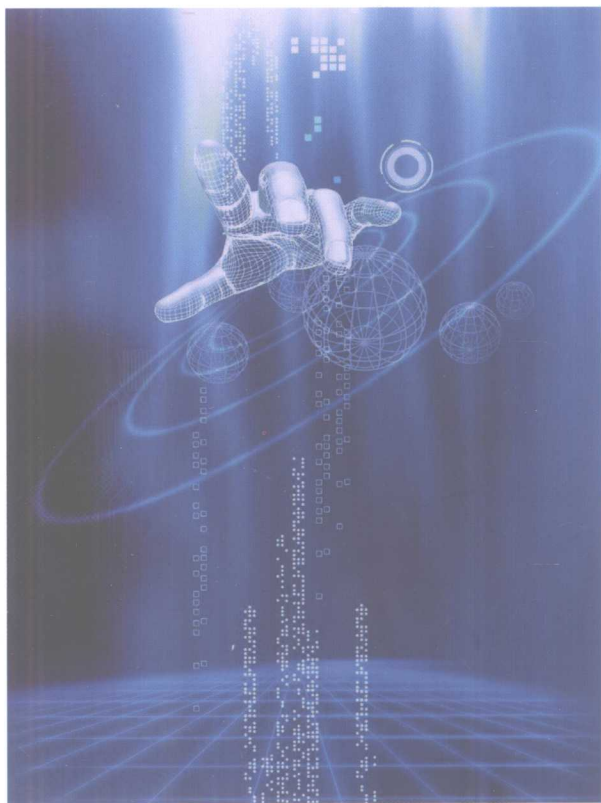


计算机组成原理 简明教程

- ◆ 系统地介绍了计算机的基本概念、组成和工作原理
- ◆ 内容讲解、要点总结、思考和练习、附习题解答
- ◆ 赠送教师完整的电子教案



石磊 主编
卫琳 石云 副主编



清华大学出版社

高等学校计算机应用规划教材

计算机组成原理简明教程

石磊 主编

卫琳 石云 副主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统介绍了计算机的基本组成和工作原理。全书共分 10 章, 主要内容包括计算机概论、计算机中的数据表示、运算方法和运算器、存储器及存储系统、指令系统、中央处理器、总线系统、输入输出系统、计算机外部设备和计算机系统发展等。

本书结构清晰、内容翔实、系统性较强, 各部分内容由浅入深、相互独立, 配有大量例题和习题, 便于自学。

本书可以作为高等院校计算机及相关专业“计算机组成原理”课程的教材, 也可供从事计算机工作的工程技术人员参考。

本书每章的电子教案和习题答案可以到 <http://www.tupwk.com.cn/downpage/index.asp> 网站下载。

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

计算机组成原理简明教程/石磊 主编; 卫琳 石云 副主编. —北京: 清华大学出版社, 2009.3

(高等学校计算机应用规划教材)

ISBN 978-7-302-19561-0

I. 计… II. ①石…②卫…③石… III. 计算机体系结构—高等学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 019945 号

责任编辑: 胡辰浩(huchenhao@263.net) 袁建华

装帧设计: 孔祥丰

责任校对: 成凤进

责任印制: 孟凡玉

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

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

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 装 者: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 19.25 字 数: 468 千字

版 次: 2009 年 3 月第 1 版 印 次: 2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~5000

定 价: 28.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 031085-01

前 言

“计算机组成原理”是计算机科学与技术学科的一门重要专业基础课程,通过对本课程的学习,可以为相关专业课程的学习和今后的实践,打下一个既有一定的知识面,又有一定专业深度的计算机应用基础。许多院校都将它定为核心课程和考研课程。本教材是计算机组成原理简明教程,主要内容是计算机各个主要组成系统部件的基本组成和工作原理,其先修课程为计算机基础和数字电路等,后续课程为计算机体系结构、微机原理和操作系统等。其特点是知识面广、内容多并且更新快。

概括起来,本书具有以下主要特点:

- 结构清晰、内容翔实。对计算机主要部件的基本概念、基本组成和基本原理进行了较详细的描述,也涉及到它们的应用,做到理论联系实际。
- 将计算机的数据表示单列一章,系统地介绍了如何将处理对象(信息)表示成数据,数据在计算机中如何表示等问题,使学生从数据流动的角度来学习计算机组成的原理(即数据形成—表示数据、数据运算—运算器、数据存储—存储器、程序数据—控制器、数据传输与交换—总线和输入输出系统),加深对本书的理解。
- 力图反映新技术、新动向,以适应计算机技术的发展需要。根据目前课程设置和教学特点,本书增加了计算机系统及发展这一内容。
- 配有大量习题,为读者提供较多的理解相关知识和练习的机会,并提供了每章习题的参考答案。
- 注重学生的能力培养。各个章节内容相对独立,按照计算机的整体概念,系统地介绍相关知识,便于自学。

本书共分 10 章:第 1、2 章介绍计算机的概论、数据表示。第 3~8 章介绍计算机的各个子系统(运算系统、存储系统、中央处理系统、总线系统和输入输出系统)的基本原理。第 9 章对计算机的外部设备进行了讨论。第 10 章对计算机的系统和未来计算机技术的发展做了一些介绍。总的学时建议为 80 学时左右为宜。

本教材由石磊主编,卫琳、石云副主编,张艳、石娟、邹军参与了部分章节的编写和资料搜集、整理工作。石磊完成了配套教学课件的制作。同时,感谢石敬之、李士贞、石育澄、卫志发、李善惠、刘宝成、刘天伦、邹睿石等为本书的顺利出版所付出的努力。

感谢清华大学出版社的大力支持。在编写本书的过程中参考了相关文献,在此向这些文献的作者表示感谢。

由于时间和编者水平所限,书中难免有不足之处,恳请专家和广大读者批评指正。我们的邮箱是: huchenhao@263.net, 电话是: 010-62796045。

作 者

2009 年 1 月

目 录

第1章 概论	1
1.1 计算机的发展与应用	1
1.1.1 计算机的发展简史	2
1.1.2 计算机的特点	3
1.1.3 计算机的应用	4
1.2 计算机系统的组成	5
1.2.1 计算机的硬件系统	5
1.2.2 计算机的软件系统	6
1.2.3 计算机系统的层次结构	8
1.3 计算机的分类和性能指标	10
1.3.1 计算机的分类	10
1.3.2 计算机的性能指标	10
1.4 多媒体技术	11
1.5 本章小结	12
1.6 习题	12
第2章 计算机中的数据表示	14
2.1 数据信息的表示	15
2.2 进位计数制	16
2.2.1 进位基数和位的权数	16
2.2.2 二进制数制	17
2.2.3 八进制数制	17
2.2.4 十六进制数制	18
2.2.5 数制之间的相互转换	18
2.3 定点数和浮点数	21
2.3.1 定点数表示法	21
2.3.2 浮点数表示法	22
2.3.3 定点数表示法和浮点数 表示法的比较	23
2.3.4 计算机中数的表示单位 和机器字长	23
2.4 带符号数的表示方法	24

2.4.1 机器数的原码表示法	24
2.4.2 机器数的补码表示法	25
2.4.3 机器数的反码表示法	30
2.4.4 机器数的移码表示法	31
2.4.5 各种编码的比较	32
2.5 十进制数据表示	33
2.5.1 二一十进制编码原理	33
2.5.2 二一十进制有权码	34
2.5.3 二一十进制无权码	35
2.6 字符编码	36
2.6.1 ASCII 码	36
2.6.2 EBCDIC 码	37
2.6.3 汉字的表示	37
2.7 数据校验码	38
2.7.1 奇偶校验码	38
2.7.2 海明校验码	38
2.7.3 循环冗余校验码	41
2.8 本章小结	43
2.9 习题	44
第3章 运算方法和运算器	47
3.1 定点数的加减运算	47
3.1.1 补码加减运算规则	47
3.1.2 基本的二进制加法/减法器	48
3.1.3 加法运算及其加速方法	50
3.2 定点乘法运算	54
3.2.1 原码一位乘法	54
3.2.2 补码一位乘法	57
3.3 定点除法运算	59
3.3.1 原码一位除法	59
3.3.2 补码一位除法	63
3.4 定点运算器的组成和结构	64

3.4.1 运算器与其他部件的关系	64	5.2.2 指令字长与扩展方法	129
3.4.2 定点运算器的功能和组成	64	5.3 寻址方式	131
3.5 浮点算术运算方法和浮点运算器	70	5.4 指令的分类与高级语言	137
3.5.1 浮点算术运算方法	71	5.4.1 指令系统的分类	137
3.5.2 浮点运算器	75	5.4.2 指令系统与高级语言	140
3.6 本章小结	76	5.5 典型指令系统	141
3.7 习题	76	5.6 本章小结	143
第4章 存储器及存储系统	79	5.7 习题	144
4.1 存储器概述	79	第6章 中央处理器	148
4.1.1 存储器的分类	81	6.1 中央处理器的总体结构	148
4.1.2 存储器的分级结构	83	6.1.1 中央处理器的功能与组成	148
4.2 主存储器	84	6.1.2 操作控制器与时序产生器	151
4.2.1 主存储器技术指标	84	6.2 指令的执行与时序产生器	152
4.2.2 主存储器基本组成	86	6.2.1 指令周期	152
4.2.3 主存储器基本操作	87	6.2.2 时序产生器	160
4.3 半导体存储器芯片	87	6.2.3 CPU 的控制方式	162
4.3.1 静态 MOS 存储器	88	6.3 微程序设计技术与微程序控制器	163
4.3.2 动态 MOS 存储器	92	6.3.1 微程序设计技术	163
4.3.3 半导体只读存储器	95	6.3.2 微程序控制器	170
4.4 主存储器组织	99	6.4 硬布线控制器与门阵列控制器	172
4.4.1 存储器与中央处理器的连接	99	6.4.1 硬布线控制器	172
4.4.2 高速缓冲存储器	103	6.4.2 PLA 逻辑控制原理	173
4.4.3 多体交叉存储器	108	6.5 CPU 新技术	173
4.4.4 虚拟存储器	110	6.5.1 流水线工作原理	173
4.5 存储保护	116	6.5.2 RISC 结构	178
4.5.1 存储区域保护	116	6.5.3 未来 CPU 的发展趋势	178
4.5.2 访问方式保护	117	6.6 本章小结	179
4.6 本章小结	118	6.7 习题	180
4.7 习题	119	第7章 总线系统	183
第5章 指令系统	123	7.1 系统总线的结构	183
5.1 计算机指令系统的发展与性能	123	7.1.1 总线的基本概念	183
5.1.1 指令系统的发展	123	7.1.2 总线的连接方式	186
5.1.2 指令系统的性能要求	125	7.2 总线的控制、数据传输和接口	189
5.2 指令的格式	125	7.2.1 总线的控制	189
5.2.1 指令操作码与地址码	126		

7.2.2	总线的数据传输方式	193
7.2.3	总线的接口	194
7.3	常用总线举例	196
7.3.1	ISA 总线	196
7.3.2	EISA 总线	196
7.3.3	VL 总线(VESA 总线)	197
7.3.4	PCI 总线	197
7.3.5	USB 总线	200
7.3.6	Futurebus 总线	201
7.4	本章小结	201
7.5	习题	202
第 8 章	输入输出系统	205
8.1	信息交换的控制方式	206
8.1.1	外部设备与主机的 连接方式	206
8.1.2	外部设备的编址方式	207
8.1.3	I/O 组织与外设接口	207
8.2	程序查询方式	211
8.2.1	程序查询输入输出方式	211
8.2.2	程序查询方式的接口	212
8.3	程序中断方式	212
8.3.1	中断的基本概念	212
8.3.2	CPU 响应中断的条件	213
8.3.3	中断处理	216
8.3.4	单级中断与多级中断	217
8.3.5	程序中断方式的基本接口	221
8.4	DMA 方式	222
8.4.1	DMA 的基本概念	222
8.4.2	DMA 传输方式	223
8.4.3	基本的 DMA 控制器	225
8.4.4	选择型和多路型 DMA 控制器	227
8.5	I/O 通道方式	228
8.5.1	通道的基本概念	228
8.5.2	通道的类型	230
8.6	本章小结	231
8.7	习题	233

第 9 章	计算机外部设备	235
9.1	计算机外部设备概述	235
9.1.1	外部设备的一般功能 及分类	236
9.1.2	外部设备的特点	238
9.2	输入设备	238
9.2.1	键盘	238
9.2.2	鼠标	239
9.2.3	扫描仪	239
9.2.4	数码相机	240
9.3	打印输出设备	242
9.3.1	点阵针式打印机	242
9.3.2	激光打印机	244
9.3.3	喷墨打印机	246
9.4	显示设备	247
9.4.1	CRT 显示器	249
9.4.2	液晶显示设备	255
9.5	磁表面存储器	258
9.5.1	磁记录原理与记录方式	258
9.5.2	软磁盘存储器	263
9.5.3	硬盘存储器	267
9.6	光盘存储器	273
9.6.1	光盘存储器类型	273
9.6.2	只读型光盘存储器	274
9.6.3	一次写入型光盘存储器	275
9.6.4	磁光盘存储器	276
9.7	通信与网络设备	277
9.7.1	调制解调器	277
9.7.2	网络接口卡	279
9.7.3	网络互联设备	279
9.8	本章小结	281
9.9	习题	282
第 10 章	计算机系统及发展	286
10.1	计算机系统基本概念	286
10.1.1	计算机系统结构定义	286
10.1.2	计算机组成与实现	287
10.1.3	计算机系统的分类	287

10.1.4	如何提高计算机系统的运算速度	288
10.1.5	开放系统	289
10.2	超级标量、超级流水线处理机	290
10.2.1	超级标量处理机	291
10.2.2	超级流水线处理机	291
10.2.3	超长指令字处理机	291
10.3	新一代计算机	291
10.3.1	生物计算机	292

10.3.2	超导计算机	293
10.3.3	量子计算机	293
10.3.4	纳米计算机	294
10.3.5	光计算机	296
10.4	本章小结	296
10.5	习题	297

参考文献	299
------	-----

第 1 章

概 论

本章要点

计算机是 20 世纪人类最伟大的发明创造之一，它的诞生、发展和应用是科学技术的卓越成就，也是技术革命的基础，对人类社会产生了巨大而深远的影响，并改变着人们的生活方式。目前，以高性能计算机为基础的计算科学已经成为继理论科学和实验科学之后人类科学研究的第三大支柱。越来越多的人希望了解、学习并掌握计算机相关知识。本章将介绍计算机的概念和组成等方面的基本内容，目的在于使读者有一个总体概念，以便于学习后续各章内容。

本章的主要内容有：

- 计算机的发展与应用

计算机的发展简史

计算机的特点和应用

- 计算机的组成

硬件系统组成

软件系统组成

计算机系统层次结构

- 计算机的分类和性能结构

计算机的分类

计算机的性能指标

- 多媒体技术

多媒体的特点

1.1 计算机的发展与应用

电子计算机的诞生和发展是 20 世纪最重大的科学技术成就之一。回顾 20 世纪的科技发展史，人们会深刻地体会到计算机的诞生和广泛应用对工作和生活所产生的深远影响。

计算机，顾名思义就是用于计算的工具。但是，今天这里所说的计算机(Computer)实际上是指电子数字计算机(Digital Computer)。计算机的一个比较确切的定义是：计算机是一种以电子器件为基础的，不需人的直接干预，能够对各种数字化信息进行快速算术和逻辑运算的工具，是一个由硬件、软件组成的复杂的自动化设备。

和其他机器设备一样,计算机首先是一个工具。但和其他增强人的体力的机器设备不一样,计算机是增强人的脑力的工具,俗称“电脑”。计算机主要增强的是人的记忆、计算、逻辑判断和信息处理的能力,而人类所独有的智慧水平,计算机是远远达不到的。掌握计算机首先应该熟练地掌握它的使用,然后才进一步掌握其工作原理。当然,本书所要求的是后者,是一个计算机科学工作者深入学习计算机技术的基础。

1.1.1 计算机的发展简史

世界上第一台真正的全自动电子数字式计算机是 1946 年美国研制成功的 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer)。这台计算机共用了 18000 多个电子管,占地 170m^2 ,总重量为 30 吨,耗电 140kw,每秒能做 5000 次加减运算。与 ENIAC 计算机研制的同时,冯·诺依曼与莫尔小组研制 EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)计算机,它采用了存储程序方案。

ENIAC 计算机虽然有许多明显的不足,它的功能也远不及现在的一台普通微型计算机,但它的诞生宣告了电子计算机时代的到来。在随后的几十年中,计算机的发展突飞猛进,经历了电子管、晶体管、集成电路和超大规模集成电路、甚大规模集成电路五个阶段,计算机的体积越来越小,功能越来越强,价格越来越低,应用越来越广泛。

- 第一代计算机从第一台计算机 ENIAC 问世到 20 世纪 50 年代末。这一时期计算机的主要特征是使用电子管作为电子器件,软件还处于初始阶段,使用机器语言与符号语言编制程序。

第一代计算机是计算机发展的初级阶段,其体积比较大,运算速度也比较低,存储容量不大。为了解决一个问题,所编制的程序也很复杂。这一代计算机主要用于科学计算。

- 第二代计算机是从 50 年代末到 60 年代初。这一时期计算机的主要特征是使用晶体管作为电子器件,在软件方面开始使用计算机高级语言,为更多的人学习和使用计算机铺平了道路。

这一代计算机的体积大大减小,具有重量轻、寿命长、耗电少、运算速度快和存储容量比较大等优点。因此,这一代计算机不仅用于科学计算,还用于数据处理和事务处理,并逐渐用于工业控制。

- 第三代计算机是从 20 世纪 60 年代中期到 20 世纪 70 年代初期。这一时期计算机的主要特征是使用中、小规模集成电路(MSI, SSI)作为电子器件。在这一时期,操作系统的出现使计算机的功能越来越强,应用范围越来越广。

使用中、小规模集成电路制成的计算机,其体积与功耗都进一步的减小,可靠性和运算速度等指标也得到了进一步的提高,并且为计算机的小型化、微型化提供了良好的条件。在这一时期,计算机不仅用于科学计算,还用于文字处理、企业管理和自动控制等领域,出现了计算机技术与通信技术相结合的管理信息系统,可用于生产管理、交通管理和情报检索等领域。

- 第四代计算机是指用大规模与超大规模集成电路(LSI, VLSI)作为电子器件制成的计算机。这一代计算机各种性能都有了大幅度的提高,应用软件也越来越丰富,应用涉及到国民经济的各个领域,已经在办公自动化、数据库管理、图像识别、语音

识别和专家系统等众多领域大显身手，并且进入了家庭。

1971 年到 1990 年，作为第四代计算机重要产品的微型计算机得到了飞速的发展，对计算机的普及起到了决定性的作用。

- 第五代计算机是指用甚大规模集成电路(ULSI)作为电子器件制成的计算机。1990 年后，计算机进入第五代，其主要标志有两个：一个是单片集成电路规模达 100 万晶体管以上；另一个是超量技术的成熟和广泛应用。

计算机的应用有力地推动了国民经济的发展和科学技术的进步，同时也对计算机技术提出了更高的要求，从而促进了计算机的进一步发展。一方面，以超大规模集成电路为基础，未来的计算机将向巨型化、微型化、网络化与智能化的方向发展。其中“巨型化”并非指计算机的体积大，而是指计算机的运算速度更高、存储容量更大、功能更强。另外一方面，新一代计算机将基于更新的光电子元件、超导电子元件或生物电子元件。光电子计算机由于传输的是光信号，其处理速度将得到大大提高，体积也会缩小；超导器件功耗极低，散热极少，其集成度是任何半导体芯片都无可比拟的；而生物电脑则利用遗传工程方法，以生物化学反应模拟人的机能处理大量复杂信息。

1.1.2 计算机的特点

计算机的主要特点表现在以下几个方面。

1. 运算速度快

运算速度是计算机的一个重要性能指标。计算机的运算速度通常用每秒钟执行定点加法的次数或平均每秒钟执行指令的条数来衡量。运算速度快是计算机的一个突出特点。计算机的运算速度已由早期的每秒几千次发展到现在的最高可达每秒万亿次甚至更高。

2. 计算精度高

在科学研究和工程设计中，对计算的结果精度有很高的要求。一般的计算工具只能达到几位有效数字(如过去常用的四位数学用表、八位数学用表等)，而计算机对数据的结果精度可达到十几位、几十位有效数字，根据需要甚至可达到任意的精度。

3. 存储容量大

计算机的存储器可以存储大量数据，这使计算机具有了“记忆”功能。目前计算机的存储容量越来越大，已高达千兆数量级的容量。计算机具有“记忆”功能，是与传统计算工具的一个重要区别。

4. 具有逻辑判断功能

计算机的运算器除了能够完成基本的算术运算外，还具有进行比较、判断等逻辑运算的功能。这种能力是计算机处理逻辑推理问题的前提。

5. 自动化程度高，通用性强

由于计算机的工作方式是将程序和数据先存放在机内，工作时按程序规定的操作，一步一步地自动完成，一般无须人工干预，因而自动化程度高。这一特点是一般计算工具所不具备的。计算机通用性的特点表现在几乎能求解自然科学和社会科学中一切类型的问题，能广泛地应用各个领域。

1.1.3 计算机的应用

由于计算机具有高速、自动化和存储大量信息的优势，还具有很强的推理和判断能力，因此，计算机已经被广泛应用于各个领域，并且仍然呈上升和扩展趋势。通常，计算机的应用可概括为以下几个方面。

1. 科学计算

早期的计算机主要用于科学计算。目前，科学计算仍然是计算机的一个重要应用领域。由于计算机具有很高的运算速度和运算精度，使得过去用手工无法完成的计算变为可能。随着计算机技术的发展，计算机的计算能力越来越强，计算速度越来越快，计算精度也越来越高。利用计算机进行数值计算，可以节省大量时间、人力和物力。

2. 过程检测与控制

利用计算机对工业生产过程中的某些信号自动进行检测，并把检测到的数据存入计算机，再根据需要对这些数据进行处理，这样的系统称为计算机检测系统。但一般来说，实际的工业生产过程是一个连续的过程，往往既需要用计算机进行检测，又需要用计算机进行控制。例如：在化工、电力和冶金等生产过程中，用计算机自动采集各种参数，监测并及时控制生产设备的工作状态；在导弹、卫星的发射中，用计算机随时精确地控制飞行轨道与姿态；在热处理加工中，用计算机随时检测与控制炉窑的温度；在对人有害的工作场所，用计算机来监控机器人自动工作等。特别是微型计算机进入仪器仪表后所构成的智能化仪器仪表，将工业自动化推向了一个更高的水平。利用计算机进行控制，可以节省劳动力、减轻劳动强度、提高劳动生产效率，并且还可以节省生产原料、减少能源消耗、降低生产成本。

3. 信息管理

信息管理是目前计算机应用最广泛的一个领域。所谓信息管理，是指利用计算机来加工、管理和操作任何形式的数据资料，如企业管理、物资管理、报表统计、账目计算和信息情报检索等。当今社会是一个信息化的社会，计算机用于信息管理，为办公自动化、管理自动化和社会自动化创造了最有利的条件。国内外大量的机构已经建立了自己的管理信息系统(MIS)；一些生产企业开始采用制造资源规划软件(MRP)；商业流通领域则逐步使用电子信息交换系统(EDI)，即所谓无纸贸易。

4. 计算机辅助系统

计算机用于辅助设计、辅助制造和辅助教学等方面，统称为计算机辅助系统。计算机辅助设计(CAD)是指利用计算机来帮助设计人员进行工程设计，以提高设计工作的自动化程度，节省人力和物力。用计算机进行辅助设计，不仅速度快，而且质量高，为缩短产品的开发周期与提高产品质量创造了有利条件。计算机辅助制造(CAM)是指利用计算机进行生产设备的管理、控制与操作，从而提高产品质量、降低生产成本以及缩短生产周期，并且还大大改善了工作人员的工作条件。计算机辅助教学(CAI)是指利用计算机帮助学习的系统，它将教学内容、教学方法以及学习情况等信息存储在计算机中，使学生能够轻松自如地从中学到所需要的知识。

1.2 计算机系统的组成

计算机系统是由计算机硬件和计算机软件组成的。计算机硬件(Hardware)是指构成计算机的所有实体部件的集合,通常这些部件由电路(电子元件)、机械元件等物理部件组成。它们都是看得见摸得着的物体。软件(Software)主要是一系列按照特定顺序组织的计算机数据和指令的集合。1983年,IEEE对软件给出了一个较为全面的定义:软件是计算机程序、方法和规范及其相应的文档以及在计算机上运行时所必需的数据。软件是相对于机器硬件而言的。

1.2.1 计算机的硬件系统

尽管计算机已经发展了5代,有各种规模和类型,但是当前的计算机仍然遵循冯·诺依曼早期提出的基本原理运行。冯·诺依曼原理的基本思想是:

- 采用二进制形式表示数据和指令。指令由操作码和地址码组成。
- 将程序和数据存放在存储器中,使计算机在工作时从存储器取出指令加以执行,自动完成计算任务。这就是“存储程序”和“程序控制”(简称存储程序控制)的概念。
- 指令的执行是顺序的,即一般按照指令在存储器中存放的顺序执行,程序分支由转移指令实现。
- 计算机由存储器、运算器、控制器、输入设备和输出设备5大基本部件组成,并规定了5部分的基本功能。

冯·诺依曼原理的基本思想奠定了现代计算机的基本架构,并开创了程序设计的时代。采用这一思想设计的计算机被称为冯·诺依曼机,它有5大组成部件,如图1-1所示。原始的冯·诺依曼机在结构上是以运算器为中心的,但演变到现在,电子数字计算机已经转向以存储器为中心。

在计算机的5大部件中,运算器和控制器是信息处理的中心部件,所以它们合称为“中央处理单元”(CPU: Central Processing Unit)。存储器、运算器和控制器在信息处理中起主要作用,是计算机硬件的主体部分,通常被称为“主机”。而输入(Input)设备和输出(Output)设备统称为“外部设备”,简称为外设或I/O设备。

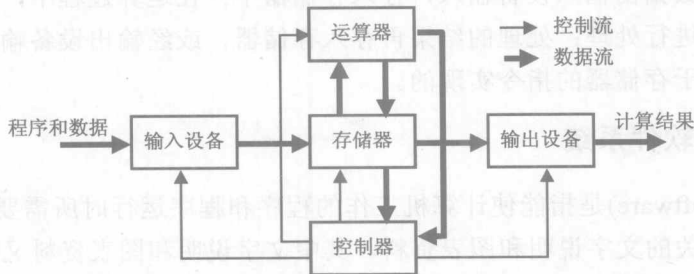


图 1-1 计算机的组成部件

(1) 存储器

存储器(Memory)是用来存放数据和程序的部件。对存储器的基本操作是按照要求向指

定位置存入(写入)或取出(读出)信息。存储器是一个很大的信息储存库,被划分成许多存储单元,每个单元通常可存放一个数据或一条指令。为了区分和识别各个单元,并按指定位置进行存取,给每个存储单元编排了一个唯一对应的编号,称为“存储单元地址”(Address)。存储器所具有的存储空间大小(即所包含的存储单元总数)称为存储容量。

通常存储器可分为两大类:主存储器和辅助存储器。主存储器能直接和运算器、控制器交换信息,它的存取时间短但容量不够大;由于主存储器通常与运算器、控制器形成一体组成主机,所以也称为内存。辅助存储器不直接和运算器、控制器交换信息,而是作为主存的补充和后盾,它的存取时间长但容量极大;由于辅助存储器常以外设的形式独立于主机存在,所以也称为外存储器。

主存储器主要由存储体、存储器地址寄存器(MAR: Memory Address Register)、存储器数据寄存器(MDR: Memory Data Register)以及读写控制线路构成。

(2) 运算器

运算器是对信息进行运算处理的部件。它的主要功能是对二进制编码进行算术(加减乘除)和逻辑(与或非)运算。运算器的核心是算术逻辑运算单元(ALU: Arithmetic Logic Unit)。运算器的性能是影响整个计算机性能的重要因素,精度和速度是运算器重要的性能指标。

(3) 控制器

控制器是整个计算机的控制核心。它的主要功能是读取指令、翻译指令代码并向计算机各部分发出控制信号,以便执行指令。当一条指令执行完以后,控制器会自动地去取下一条将要执行的指令,依次重复上述过程直到整个程序执行完毕。

(4) 输入设备

人们编写的程序和原始数据是经输入设备传输到计算机中的。输入设备能将数据和程序转换成计算机内部能够识别和接受的信息方式,并顺序地把它们送入存储器中。输入设备有许多种,例如键盘、鼠标、扫描仪和光电输入机等。

(5) 输出设备

输出设备将计算机处理的结果以人们能接受的或其他机器能接受的形式送出。输出设备同样有许多种,例如显示器、打印机和绘图仪等。

由图 1-1 可知,计算机各部件之间的联系是通过两种信息流实现的。粗线代表数据流,细线代表指令流。数据由输入设备输入,存入存储器中;在运算过程中,数据从存储器读出,并送入运算器进行处理;处理的结果再存入存储器,或经输出设备输出;而这一切则是由控制器执行存于存储器的指令实现的。

1.2.2 计算机的软件系统

计算机软件(Software)是指能使计算机工作的程序和程序运行时所需要的数据,以及与这些程序和数据有关的文字说明和图表资料,其中文字说明和图表资料又称为文档。软件也是计算机系统的重要组成部分。相对于计算机硬件而言,软件是计算机的无形部分,但它的作用很大。如果只有好的硬件,没有好的软件,计算机不可能显示出它的优越性能。

计算机软件可以分为系统软件和应用软件两大类。系统软件是指管理、监控和维护计算机资源(包括硬件和软件)的软件。系统软件为计算机使用提供最基本的功能,但并不针

对某一特定应用领域。而应用软件则恰好相反,不同的应用软件根据用户和所服务的领域提供不同的功能。

目前常见的系统软件有操作系统、各种语言处理程序、数据库管理系统以及各种服务性程序等。

1. 操作系统

操作系统是最底层的系统软件,它是对硬件系统功能的首次扩充,也是其他系统软件和应用软件能够在计算机上运行的基础。

操作系统实际上是一组程序,它们用于统一管理计算机中的各种软、硬件资源,合理地组织计算机的工作流程,协调计算机系统各部分之间、系统与用户之间、用户与用户之间的关系。由此可见,操作系统在计算机系统中占有非常重要的地位。通常,操作系统具有5个方面的功能:存储管理、处理器管理、设备管理、文件管理和作业管理。

2. 语言处理程序

人们要利用计算机解决实际问题,首先要编制程序。程序设计语言就是用来编写程序的语言,它是人与计算机之间交换信息的渠道。

程序设计语言是软件系统的重要组成部分,而相应的各种语言处理程序属于系统软件。程序设计语言一般分为机器语言、汇编语言和高级语言3类。

机器语言是最底层的计算机语言。用机器语言编写的程序,计算机硬件可以直接识别。

汇编语言是为了便于理解与记忆,将机器语言用助记符号代替而形成的一种语言。

高级语言与具体的计算机硬件无关,其表达方式接近于被描述的问题,易为人们所接受和掌握。用高级语言编写程序要比低级语言容易得多,并大大简化了程序的编制和调试,使编程效率得到大幅度的提高。高级语言的显著特点是独立于具体的计算机硬件,通用性和可移植性好。

3. 数据库管理系统

随着计算机在信息处理、情报检索及各种管理系统中应用的发展,要求大量处理某些数据,建立和检索大量的表格。如果将这些数据和表格按一定的规律组织起来,可以使得这些数据和表格处理起来更方便,检索更迅速,用户使用更方便,于是出现了数据库。数据库就是相关数据的集合。数据库和管理数据库的软件构成数据库管理系统。

数据库管理系统目前有许多类型。例如关系数据库有 Access、Sybase、Oracle、SQL Server 和 DB2 等。

4. 服务程序

例如编辑程序、诊断程序和排错程序等。

应用软件是指除了系统软件以外的所有软件,它是用户利用计算机及其提供的系统软件为解决各种实际问题而编制的计算机程序。由于计算机已渗透到了各个领域,因此,应用软件是多种多样的。常见的应用软件有:各种用于科学计算的程序包,各种字处理软件,计算机辅助设计、辅助制造和辅助教学等软件,各种图形软件等。例如文字处理软件 Word、WPS 和 Acrobat,报表处理软件 Excel,软件工具 Norton,绘图软件 AutoCAD、Photoshop 等。

1.2.3 计算机系统的层次结构

1. 硬件和软件的逻辑等价

现代计算机不能简单地被认为是一种电子设备，而是一个十分复杂的软、硬件结合而成的整体。而且，在计算机系统中并没有一条明确的关于软件与硬件的分界线，没有一条硬性准则来明确指定什么必须由硬件完成，什么必须由软件来完成。因为，任何一个由软件所完成的操作也可以直接由硬件来实现，任何一条由硬件所执行的指令也能用软件来完成。这就是所谓的软件与硬件的逻辑等价。

例如，在早期计算机和低档微型机中，由硬件实现的指令较少，像乘法操作，就由一个子程序(软件)去实现；但是，如果用硬件线路直接完成速度很快。另一方面，由硬件线路直接完成的操作，也可以由控制器中微指令编制的微程序来实现，从而把某种功能从硬件转移到微程序上。另外，还可以把许多复杂的、常用的程序硬件化，制作成所谓的“固件”(Firmware)。固件是一种介于传统的软件和硬件之间的实体，功能上类似软件，但形态上又是硬件。对于程序员来说，通常并不关心究竟一条指令是如何实现的。

微程序是计算机硬件和软件相结合的重要形式。第三代以后的计算机大多采用了微程序控制方式，以保证计算机系统具有最大的兼容性和灵活性。用微指令编写的微程序从形式上看，与用机器指令编写的系统程序差不多。微程序深入到机器的硬件内部，以实现机器指令操作为目的，控制着信息在计算机各部件之间流动。微程序也基于存储程序的原理，把微程序存放在控制存储器中，所以也是借助软件方法实现计算机工作自动化的一种形式。

这充分说明软件和硬件是相辅相成的。一方面，硬件是软件的物质支柱，正是在硬件高度发展的基础上才有了软件的生存空间和活动场所；没有大容量的主存和辅存，大型软件将发挥不了作用；而没有软件的“裸机”也毫无用处，等于没有灵魂的人的躯壳。另一方面，软件和硬件相互融合、相互渗透、相互促进的趋势正越来越明显。不但硬件软化(微程序即是一例)可以增强系统功能和适应性，而且软件硬化能有效发挥硬件成本日益降低的优势。随着大规模集成电路技术的发展和软件硬化的趋势，软硬件之间明确的划分已经显得比较困难了。

2. 计算机系统的层次结构

由于硬件设计师、软件程序员以及计算机用户都从不同的角度，以不同的语言来对待同一个计算机系统，所以，又可以把计算机系统看成由多个不同的层次(级)的组合，每个层次都能进行程序设计，如图 1-2 所示(可以把硬件组成的实体看成第 0 层)。

- 第 1 层，微程序设计层。这是一个实在的硬件层，它由机器硬件直接执行微指令。它是计算机硬件设计师所见到的计算机。
- 第 2 层，机器语言层。这也是一个硬件层，它由微程序解释机器指令系统。
- 第 3 层，操作系统层。它由操作系统程序实现。这是计算机系统的操作者和管理员所见到的计算机系统。
- 第 4 层，汇编语言层。它给程序员提供一种符号形式的语言，以减少程序编写的复杂性。这一层由汇编程序支持和执行。
- 第 5 层，高级语言层。它面向用户，为方便用户编写应用程序而设置。这一层由各

