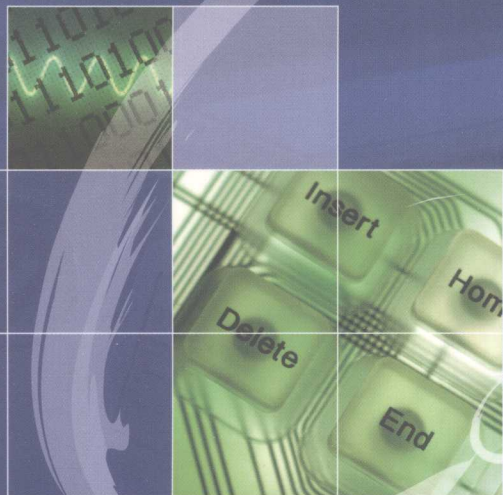




21st CENTURY
实用规划教材

21世纪全国应用型本科计算机案例型规划教材

计算机组成原理




*Computer
organization*

主 编 姜国焕 刘晓悦 曹晓华



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科计算机案例型规划教材

计算机组成原理

主 编 娄国焕 刘晓悦 曹晓华



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书详细介绍了计算机的组成原理, 主要内容包括: 计算机系统概论, 计算机数据信息的表示, 运算方法和运算器, 主存储器, 指令系统, 中央处理器, 存储系统, 虚拟存储器, 输入/输出设备以及输入输出系统等。

本书是 21 世纪应用型本科计算机案例型规划教材之一, 本书以案例为导引, 强调实用性和先进性, 内容丰富, 结构清晰, 每章后附有习题。

本书适合高等学校计算机及相关专业使用, 也可供其他专业和从事计算机工程技术的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/娄国焕, 刘晓悦, 曹晓华主编. —北京: 北京大学出版社, 2009. 6

(21 世纪全国应用型本科计算机案例型规划教材)

ISBN 978-7-301-15208-9

I. 计… II. ①娄… ②刘… ③曹… 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 070888 号

书 名: 计算机组成原理

著作责任者: 娄国焕 刘晓悦 曹晓华 主编

策 划 编 辑: 李 虎 孙哲伟

责 任 编 辑: 孙哲伟

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-15208-9/TP · 1010

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 326 千字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

《21 世纪全国应用型本科计算机系列实用规划教材》

专家编审委员会

(按姓名拼音顺序)

主 任 刘瑞挺

副主任 陈 钟 蒋宗礼

委 员 陈代武 胡巧多 黄贤英

江 红 李 建 姜国焕

马秀峰 祁亨年 王联国

汪新民 谢安俊 解 凯

徐 苏 徐亚平 宣兆成

姚喜妍 于永彦 张荣梅

信息技术的案例型教材建设

(代丛书序)

刘瑞挺

北京大学出版社第六事业部在 2005 年组织编写了《21 世纪全国应用型本科计算机系列实用规划教材》，至今已出版了 50 多种。这些教材出版后，在全国高校引起热烈反响，可谓初战告捷。这使北京大学出版社的计算机教材市场规模迅速扩大，编辑队伍茁壮成长，经济效益明显增强，与各类高校师生的关系更加密切。

2008 年 1 月北京大学出版社第六事业部在北京召开了“21 世纪全国应用型本科计算机案例型教材建设和教学研讨会”。这次会议为编写案例型教材做了深入的探讨和具体的部署，制定了详细的编写目的、丛书特色、内容要求和风格规范。在内容上强调面向应用、能力驱动、精选案例、严把质量；在风格上力求文字精练、脉络清晰、图表明快、版式新颖。这次会议吹响了提高教材质量第二战役的进军号。

案例型教材真能提高教学的质量吗？

是的。著名法国哲学家、数学家勒内·笛卡儿(Rene Descartes, 1596—1650)说得好：“由一个例子的考察，我们可以抽出一条规律。(From the consideration of an example we can form a rule.)”事实上，他发明的直角坐标系，正是通过生活实例而得到的灵感。据说是在 1619 年夏天，笛卡儿因病住进医院。中午他躺在病床上，苦苦思索一个数学问题时，忽然看到天花板上有一只苍蝇飞来飞去。当时天花板是用木条做成正方形的格子。笛卡儿发现，要说出这只苍蝇在天花板上的位置，只需说出苍蝇在天花板上的第几行和第几列。当苍蝇落在第四行、第五列的那个正方形时，可以用(4, 5)来表示这个位置……由此他联想到可用类似的办法来描述一个点在平面上的位置。他高兴地跳下床，喊着“我找到了，找到了”，然而不小心把国际象棋撒了一地。当他的目光落到棋盘上时，又兴奋地一拍大腿：“对，对，就是这个图”。笛卡儿锲而不舍的毅力，苦思冥想的钻研，使他开创了解析几何的新纪元。千百年来，代数与几何，井水不犯河水。17 世纪后，数学突飞猛进的发展，在很大程度上归功于笛卡儿坐标系和解析几何学的创立。

这个故事，听起来与阿基米德在浴池洗澡而发现浮力原理，牛顿在苹果树下遇到苹果落到头上而发现万有引力定律，确有异曲同工之妙。这就证明，一个好的例子往往能激发灵感，由特殊到一般，联想起普遍的规律，即所谓的“一叶知秋”、“见微知著”的意思。

回顾计算机发明的历史，每一台机器、每一颗芯片、每一种操作系统、每一类编程语言、每一个算法、每一套软件、每一款外部设备，无不像闪光的珍珠串在一起。每个案例都闪烁着智慧的火花，是创新思想不竭的源泉。在计算机科学技术领域，这样的案例就像大海岸边的贝壳，俯拾皆是。

事实上，案例研究(Case Study)是现代科学广泛使用的一种方法。Case 包含的意义很广：包括 Example 例子，Instance 事例、示例，Actual State 实际状况，Circumstance 情况、事件、境遇，甚至 Project 项目、工程等。

我们知道在计算机的科学术语中，很多是直接来自日常生活的。例如 Computer 一词早在 1646 年就出现于古代英文字典中，但当时它的意义不是“计算机”而是“计算工人”，

即专门从事简单计算的工人。同理, Printer 当时也是“印刷工人”而不是“打印机”。正是由于这些“计算工人”和“印刷工人”常出现计算错误和印刷错误,才激发查尔斯·巴贝奇(Charles Babbage, 1791—1871)设计了差分机和分析机,这是最早的专用计算机和通用计算机。这位英国剑桥大学数学教授、机械设计专家、经济学家和哲学家是国际公认的“计算机之父”。

20 世纪 40 年代,人们还用 Calculator 表示计算机。到电子计算机出现后,才用 Computer 表示计算机。此外,硬件(Hardware)和软件(Software)来自销售人员。总线(Bus)就是公共汽车或大巴,故障和排除故障源自格瑞斯·霍普(Grace Hopper, 1906—1992)发现的“飞蛾子”(Bug)和“抓蛾子”或“抓虫子”(Debug)。其他如鼠标、菜单……不胜枚举。至于哲学家进餐问题,理发师睡觉问题更是操作系统文化中脍炙人口的经典。

以计算机为核心的信息技术,从一开始就与应用紧密结合。例如,ENIAC 用于弹道曲线的计算,ARPANET 用于资源共享以及核战争时的可靠通信。即使是非常抽象的图灵机模型,也受到二战时图灵博士破译纳粹密码工作的影响。

在信息技术中,既有许多成功的案例,也有不少失败的案例;既有先成功而后失败的案例,也有先失败而后成功的案例。好好研究它们的成功经验和失败教训,对于编写案例型教材有重要的意义。

我国正在实现中华民族的伟大复兴,教育是民族振兴的基石。改革开放 30 年来,我国高等教育在数量上、规模上已有相当的发展。当前的重要任务是提高培养人才的质量,必须从学科知识的灌输转变为素质与能力的培养。应当指出,大学课堂在高新技术的武装下,利用 PPT 进行的“高速灌输”、“翻页宣科”有愈演愈烈的趋势,我们不能容忍用“技术”绑架教学,而是让教学工作乘信息技术的东风自由地飞翔。

本系列教材的编写,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,在适度的基础知识与理论体系覆盖下,突出应用型、技能型教学的实用性和可操作性,强化案例教学。本套教材将会有机融入大量最新的示例、实例以及操作性较强的案例,力求提高教材的趣味性和实用性,打破传统教材自身知识框架的封闭性,强化实际操作训练,使本系列教材做到“教师易教,学生乐学,技能实用”。有了广阔的应用背景,再造计算机案例型教材就有了基础。

我相信北京大学出版社在全国各地高校教师的积极支持下,精心设计,严格把关,一定能够建设出一批符合计算机应用型人才培养模式的、以案例型为创新点和兴奋点的精品教材,并且通过一体化设计、实现多种媒体有机结合的立体化教材,为各门计算机课程配齐电子教案、学习指导、习题解答、课程设计等辅导资料。让我们用锲而不舍的毅力,勤奋好学的钻研,向着共同的目标努力吧!

刘瑞挺教授 本系列教材编写指导委员会主任、全国高等院校计算机基础教育研究会副会长、中国计算机学会普及工作委员会顾问、教育部考试中心全国计算机应用技术证书考试委员会副主任、全国计算机等级考试顾问。曾任教育部理科计算机科学教学指导委员会委员、中国计算机学会教育培训委员会副主任。PC Magazine《个人电脑》总编辑、CHIP《新电脑》总顾问、清华大学《计算机教育》总策划。

前 言

“计算机组成原理”是计算机科学与技术专业的一门必修专业基础课，主要介绍计算机硬件系统的基本构成和工作原理，特点是概念多，知识面广，内容更新快，具有较强的技术性和实用性。该课程要求学生不仅要掌握计算机的基本组成原理，还要通过实验来锻炼其实际动手能力。

全书共分 10 章。第 1 章计算机系统概论，主要介绍了计算机的发展历史及应用领域，介绍了计算机的性能指标和分类，概括论述了计算机软件、硬件组成及其关系；第 2 章为计算机数据信息的表示，介绍了数值和非数值数据在计算机内的表示方法以及数据信息的校验；第 3 章运算方法和运算器，主要介绍了定点数和浮点数的四则运算以及运算器的基本构成和工作原理；第 4 章主存储器，介绍了存储器的基本概念以及存储器的构成和分类；第 5 章指令系统，主要介绍了指令格式、寻址方式及指令类型等；第 6 章中央处理器，重点介绍了 CPU 的组成，指令周期、微程序控制器、硬布线控制器以及流水线的工作原理；第 7 章存储系统，介绍了 cache 的基本概念和地址映像方法；第 8 章虚拟存储器，介绍了虚拟存储器的基本概念及管理方式；第 9 章输入/输出设备，简要介绍了常见的 I/O 设备的工作原理；第 10 章输入输出系统，主要介绍了主机与外设之间信息交换方式以及常见的系统总线。

为了便于读者对教材内容的理解和掌握，每章均以现实案例作为知识点的导入。本书是编者在总结多年从事计算机组成原理等课程教学的基础上，参考大量文献资料编写而成的，力求保持内容的系统性和完整性，做到深入浅出、循序渐进。每章的最后都附有一定量的习题帮助读者巩固所学内容。

本书第 1 章、第 3 章由娄国焕编写，第 2 章、第 4 章、第 6~7 章由刘晓悦编写，第 5 章、第 8~10 章由曹晓华编写。全书由娄国焕统稿。

教材编写过程中参考了同行大量的研究成果，在此表示衷心的感谢！

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请广大读者给予批评、指正。

编 者

2008 年 10 月

目 录

第 1 章 计算机系统概论 1

- 1.1 计算机的发展简史 3
- 1.2 计算机系统组成 4
 - 1.2.1 存储程序控制的计算机结构 5
 - 1.2.2 计算机的硬件系统 6
 - 1.2.3 计算机软件系统 8
 - 1.2.4 计算机硬件与软件的关系 9
- 1.3 计算机系统的层次结构 10
- 1.4 计算机的特点和性能指标 11
 - 1.4.1 计算机的特点 11
 - 1.4.2 计算机的性能指标 12
- 1.5 计算机的分类及应用 13
 - 1.5.1 计算机的分类 13
 - 1.5.2 计算机的应用领域 14
- 1.6 小结 16
- 习题 16

第 2 章 计算机数据信息的表示 18

- 2.1 数据的表示及转换 19
 - 2.1.1 数据的表示及转换 19
 - 2.1.2 十进制数的编码和运算 23
- 2.2 带符号数的表示 25
 - 2.2.1 原码表示法 25
 - 2.2.2 反码表示法 26
 - 2.2.3 补码表示法 27
 - 2.2.4 移码表示法 28
- 2.3 定点数与浮点数 28
 - 2.3.1 定点表示法 28
 - 2.3.2 浮点表示法 29
 - 2.3.3 定点数与浮点数的比较 30
- 2.4 数据校验码 31
 - 2.4.1 奇偶校验码 31
 - 2.4.2 海明校验码 32
 - 2.4.3 循环冗余校验码 34
- 2.5 小结 36

习题 36

第 3 章 运算方法和运算器 38

- 3.1 定点数加减运算 39
 - 3.1.1 补码加减运算 39
 - 3.1.2 加减法运算的溢出处理 41
- 3.2 补码加减运算的实现 43
 - 3.2.1 加法器 43
 - 3.2.2 并行加法器及进位链结构 45
 - 3.2.3 并行加法器的快速进位 45
 - 3.2.4 补码定点加减运算的实现 47
- 3.3 定点数乘法运算 48
 - 3.3.1 原码一位乘法 49
 - 3.3.2 补码一位乘法 51
- 3.4 定点除法运算 56
 - 3.4.1 定点原码一位除法 56
 - 3.4.2 定点补码一位除法 59
- 3.5 浮点数算术运算 61
 - 3.5.1 浮点数加减运算 61
 - 3.5.2 浮点数乘除法运算 64
- 3.6 运算器组成与实例 66
 - 3.6.1 定点运算器举例 66
 - 3.6.2 浮点运算器举例 71
- 3.7 小结 72
- 习题 73

第 4 章 主存储器 75

- 4.1 存储器的分类 77
 - 4.1.1 按存取方式分类 77
 - 4.1.2 按存储介质分类 77
 - 4.1.3 按功能和存取速度分类 78
- 4.2 主存储器的主要性能指标 79
- 4.3 主存储器的基本操作 80
- 4.4 读/写存储器 80
 - 4.4.1 静态 MOS 存储器 81
 - 4.4.2 动态存储器 82

4.5 非易失性半导体存储器	85	6.3.3 访内指令的指令周期	119
4.5.1 只读存储器(ROM)	85	6.3.4 间接访问主存储器指令 的指令周期	120
4.5.2 可编程只读存储器(PROM)	86	6.3.5 程序控制指令的指令周期	122
4.5.3 可擦可编程只读 存储器(EPROM).....	86	6.3.6 用框图语言表示指令周期	125
4.5.4 电擦除可编程只读 存储器(E ² PROM)	86	6.4 微程序控制计算机的工作原理.....	126
4.5.5 快擦编程只读 存储器(flash EPROM).....	87	6.4.1 微程序控制的基本概念	126
4.6 存储器容量的扩展	87	6.4.2 微程序计算机的结构和 指令执行过程	126
4.6.1 位扩展.....	87	6.4.3 微程序控制器的设计	129
4.6.2 字扩展.....	88	6.4.4 微指令设计技术	131
4.6.3 字和位同时扩展	88	6.4.5 硬布线控制的计算机	135
4.7 小结	90	6.4.6 控制器的控制方式	138
习题	90	6.4.7 流水线的工作原理	139
第 5 章 指令系统	92	6.5 案例分析	141
5.1 指令格式	94	6.6 小结	144
5.2 指令操作码的扩展技术	96	习题	145
5.2.1 规则型编码	96	第 7 章 存储系统	147
5.2.2 非规则型编码	96	7.1 存储系统的层次结构.....	149
5.3 指令的寻址方式	97	7.2 高速缓冲存储器	150
5.4 指令功能	101	7.2.1 高速缓冲存储器的 基本原理	150
5.5 指令系统案例	105	7.2.2 主存与 cache 之间的地址 映像	151
5.6 复杂指令系统(CISC) 和精简指令 系统(RISC).....	106	7.2.3 替换算法	154
5.6.1 复杂指令系统(CISC).....	106	7.2.4 多层次的 cache 存储器	154
5.6.2 精简指令系统(RISC).....	107	7.3 小结	156
5.7 小结	107	习题	156
习题	108	第 8 章 虚拟存储器	158
第 6 章 中央处理器	110	8.1 虚拟存储器的概述	159
6.1 CPU 的基本组成	112	8.1.1 虚拟存储的基本概念	159
6.1.1 控制器.....	113	8.1.2 页式虚拟存储器	160
6.1.2 运算器.....	115	8.1.3 段式虚拟存储器	161
6.2 CPU 的功能	115	8.1.4 段页式虚拟存储器	161
6.3 指令周期	116	8.1.5 存储器管理单元	162
6.3.1 指令周期	116	8.2 相联存储器	162
6.3.2 非访内指令的指令周期	117	8.3 存储保护	163

8.3.1 存储区保护	163	10.2.2 中断控制方式	190
8.3.2 访问区保护	164	10.2.3 直接存储器存取 DMA 方式	191
8.4 小结	164	10.2.4 I/O 通道控制方式和外围 处理机控制方式	191
习题	164	10.3 程序中断输入输出方式	192
第 9 章 输入/输出设备	166	10.3.1 中断的基本概念	192
9.1 输入设备	168	10.3.2 中断源与中断识别	192
9.1.1 键盘	168	10.3.3 中断优先权	192
9.1.2 鼠标	169	10.3.4 中断屏蔽	193
9.1.3 扫描仪	171	10.3.5 中断处理	193
9.1.4 数字照相机	173	10.3.6 程序中断输入输出方式 案例	194
9.2 显示设备	174	10.4 DMA 输入输出方式	198
9.2.1 显示设备的分类	174	10.5 通道控制方式	202
9.2.2 CRT 显示器介绍	175	10.5.1 通道简介	202
9.3 打印机	177	10.5.2 通道的类型	202
9.3.1 针式打印机	177	10.6 总线结构	204
9.3.2 激光打印机	178	10.6.1 总线简介	204
9.3.3 喷墨打印机	179	10.6.2 总线的性能指标	204
9.4 辅助存储器	181	10.6.3 总线类型	204
9.4.1 软磁盘	181	10.6.4 总线控制	206
9.4.2 硬磁盘	182	10.7 总线组成案例	206
9.4.3 光盘	184	10.7.1 ISA 总线	206
9.5 小结	184	10.7.2 EISA 总线	208
习题	185	10.7.3 PCI 总线	208
第 10 章 输入输出系统	187	10.8 小结	210
10.1 I/O 设备的编址与 I/O 接口的基本 功能	188	习题	210
10.1.1 I/O 设备的编址	188	附录	212
10.1.2 I/O 接口的基本功能	189	参考文献	217
10.2 I/O 设备数据传送方式	190		
10.2.1 程序控制方式	190		

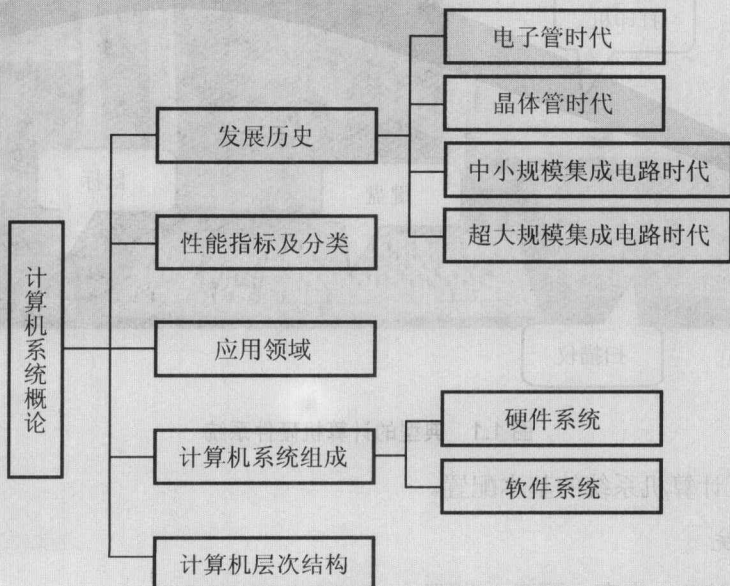
第 1 章

计算机系统概论

教学目标

- 了解计算机发展历史及应用领域
- 掌握计算机软件、硬件组成及其关系
- 熟悉计算机的性能指标和分类
- 理解并掌握计算机系统层次结构

知识结构



引 言

计算机是 20 世纪最重要的科学技术发明之一,它的出现给人类社会的生产和生活带来了翻天覆地的变化。人们可以想象当今社会如果没有计算机,那么整个世界将会陷于瘫痪状态。现在,计算机已渗透到了人们生活中的每一个角落。下面,先来简单认识一下完整的计算机系统。

计算机系统是由硬件系统和软件系统组成的,计算机硬件系统包括主机和外部设备。主机由中央处理器(CPU)、存储器、总线和电源等组成。中央处理器是整个计算机的核心,由它控制计算机各个部分的工作,它包括控制器和运算器两部分。存储器用来存储程序和数据,通常包括主存储器(简称内存)和辅助存储器(简称外存)。外部设备包括输入设备和输出设备。常见的输入设备有键盘、鼠标等,输出设备有打印机、扫描仪等。图 1.1 中给出了一个典型的计算机硬件系统。只有计算机硬件系统,计算机还不能工作,还必须配备计算机软件系统。计算机软件系统包括系统软件和应用软件。系统软件用于实现计算机的管理、调度和服务等功能,如操作系统、各种程序设计语言等;应用软件是用户为解决某种应用问题而编制的一些程序。

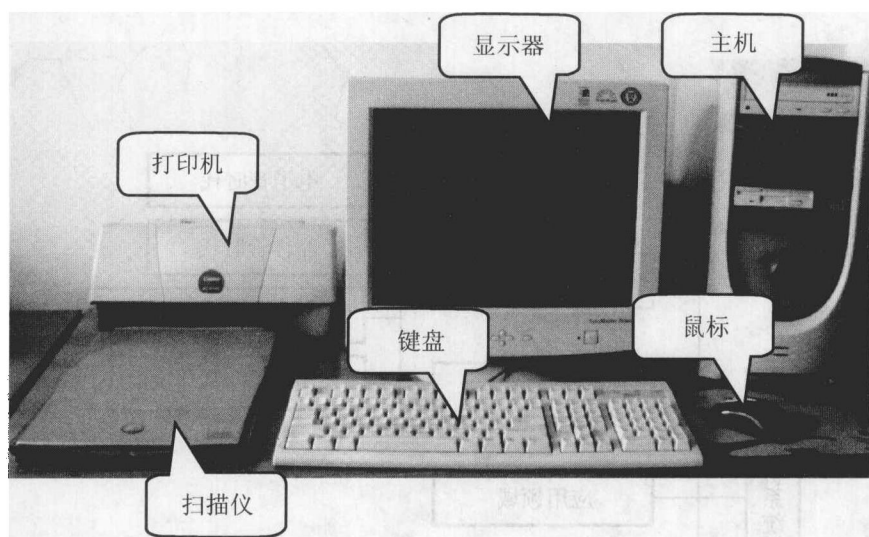


图 1.1 典型的计算机硬件系统

下面给出了计算机系统的基本配置。

1. 硬件系统

- (1) 主机: CPU; 内存; 硬盘; 光驱。
- (2) 显示器: Samsung
- (3) 键盘: Logitech
- (4) 打印机: Canon
- (5) 扫描仪: 紫光

2. 软件系统

- (1) 操作系统: Windows 2000。
- (2) 数据库管理系统。
- (3) Office 2003 应用软件。

1.1 计算机的发展简史

第一台机械计算机是 1642 年由法国科学家 Blaise Pascal 设计制造的。从机械计算机到电子计算机的出现经历了 300 多年。1946 年 2 月世界上第一台电子数字计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)在美国宾夕法尼亚大学诞生,因为它 是第一台电子数字计算机,所以人们认为它是计算机的始祖。

ENIAC 电路结构十分复杂,使用了 18800 个电子管,1500 个继电器,7000 多个电阻,10000 多个电容。它运行时功耗达 150kW,体积庞大,占地面积超过 170m²,重达 30t,俨然是一个庞然大物,如图 1.2 所示。

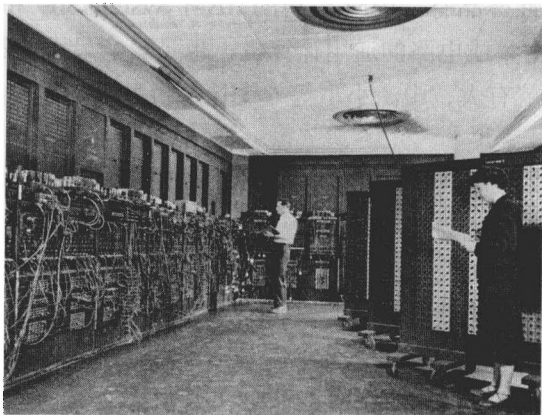


图 1.2 世界第一台电子计算机——ENIAC

ENIAC 存在两个主要缺点:一是存储容量太小,只能存 20 个字长为 10 位的十进制数;二是用线路连接的办法来编排程序,因此每次解题都要依靠人工连线,准备时间远远大于计算时间。尽管如此,ENIAC 的运算速度仍然比人的运算速度快很多,它每秒能进行 5000 次加法运算。

ENIAC 的出现,其意义不仅是实现了制造第一台通用计算机的目标,还标志着计算工具进入了一个崭新的时代,是人类文明发展史中的一个里程碑。ENIAC 于 1955 年正式退役,并陈列在美国国立博物馆供人们参观,它的丰功伟绩将永远记载在人类的文明史中。

从第一台电子数字计算机问世至今只有 50 多年的历史,但是其发展速度是任何学科都无法比拟的。通常根据其使用的主要电子器件,人们将电子数字计算机的发展分成 4 个阶段,也称为 4 代。

(1) 第一代计算机(1946—1957),电子管时代。主要特点:计算机所使用的逻辑元件为电子管,存储器采用延迟线圈或磁鼓。软件主要使用机器语言,后期使用汇编语言。应用



领域主要局限于科学计算,为军事和国防尖端科技服务,运算速度每秒几千次至几万次。这一代计算机由于采用电子管,因此,体积庞大、功耗高、价格昂贵且可靠性差。然而,第一代计算机奠定了计算机发展的科学基础。

(2) 第二代计算机(1958—1964),晶体管时代。主要特点:计算机所使用的逻辑元件为晶体管,采用磁心作主存储器,磁带或磁盘作为辅助存储器。软件技术上出现了 FORTRAN、COBOL 等高级语言和操作系统,运算速度已达每秒几万次至几十万次。应用领域也从科学计算扩展到数据处理。此外,这一代计算机体积减小、功耗降低,可靠性有所提高。这一时期的典型计算机产品是 IBM 公司的 7000 系列计算机。

(3) 第三代计算机(1964—1971),中小规模集成电路时代。主要特点:计算机硬件使用中小规模集成电路取代分立元件,用半导体存储器淘汰了磁心存储器,使得体积、功耗均显著降低,可靠性大大提高。软件上,采用微程序控制技术,高级语言更加流行(如 Basic、Pascal),运算速度达到每秒几十万次至几百万次。在此期间,出现了向大型和小型化两极发展的趋势,计算机品种也呈现多样化和系列化。同时,软件技术与计算机外围设备发展迅速,应用领域不断扩大。

第三代计算机标志性产品有:IBM 公司的 IBM System/360 和 DEC 公司的 PDP-8。IBM 360 系统是最早采用集成电路的通用计算机,也是影响最大的第三代计算机。在 1964 年宣布 IBM 360 系统时就有大、中、小型等 6 个计算机型号,其主要特点是通用化、系列化和标准化。

(4) 第四代计算机(1972 至今),超大规模集成电路时代。主要特点:大规模集成电路(LSI)及超大规模集成电路(VLSI)成为计算机的主要器件,计算机操作系统更加完善,在语音、图像处理、多媒体技术、网路及人工智能等方面取得了很大进展。

作为第四代计算机,最有代表性的是 Intel 公司的微处理器产品。1971 年 Intel 公司研制出第一台 4 位微处理器芯片 4004,应该说这是计算机史上的又一个里程碑。随后,微处理器经历了 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位几个阶段的发展,芯片集成度和速度都有很大提高。其性能已达到甚至超过 20 世纪 70 年代中、小计算机的水平。

我国电子计算机的研究是从 1953 年开始的,1958 年研制出第一台计算机,即 103 型通用数字电子计算机,它属于第一代电子管计算机。50 多年来,我国已相继研制出第二代、第三代计算机。从 1982 年开始,我国的计算机事业进入了新的发展时期,研制出每秒 1 亿次的巨型机——银河 I 型机。微型计算机、超级微型计算机、服务器等都实现了批量生产。现在已形成了自己的计算机工业体系,并具备相当的计算机硬件、软件和外部设备的生产能力。

1.2 计算机系统组成

一台完整的计算机包括硬件和软件两部分。硬件是计算机的物质基础,没有硬件的计算机是不存在的;软件是使得计算机正常工作的程序,没有软件,计算机将不能发挥作用。硬件与软件的结合,才能使计算机正常运行。硬件与软件之间的关系就像录音机与磁带之

间的关系。因此,对计算机的理解不能仅局限于硬件部分,而应当将整个计算机看作一个系统,即计算机系统。计算机系统中,硬件和软件都有各自的组成体系,分别称为硬件系统和软件系统。计算机系统的结构框图如图 1.3 所示。

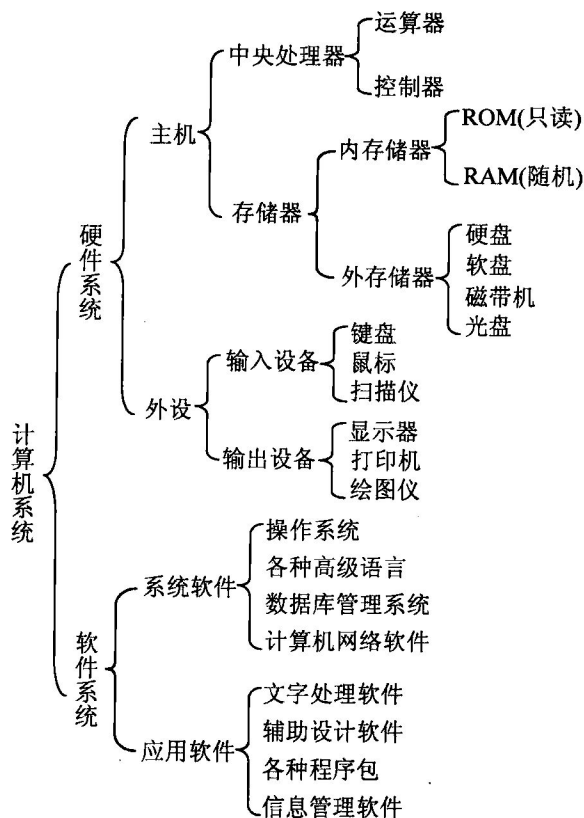


图 1.3 计算机系统的结构框图

1.2.1 存储程序控制的计算机结构

自 1946 年以来,计算机以大约 10 年一代的速度经历了 4 个发展阶段,每一代计算机的性能都比上一代优越得多。然而这 4 代计算机的体系结构都是相同的,都是根据以存储程序为基本原理的冯·诺依曼(Von Neumann)计算机体系结构来设计的。在研制 ENIAC 的同时,以美籍匈牙利数学家冯·诺依曼为首的研制小组提出了“存储程序控制”的计算机结构,并开始了存储程序控制的计算机 EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)的研制。由于种种原因,EDVAC 直到 1951 年才问世。而吸收了冯·诺依曼的设计思想,由英国剑桥大学研制的 EDSAC(Electronic Delay Storage Automatic Computer)则先于它两年诞生,成为第一台存储程序的计算机。按照冯·诺依曼的设计思想设计的计算机统称冯·诺依曼机,具有以下几个基本特点:

(1) 计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 部分组成。

(2) 采用存储程序的方式,程序和数据放在同一个存储器中,指令和数据一样可以送到运算器运算,即由指令组成的程序是可以修改的。

- (3) 数据以二进制码表示。
- (4) 指令由操作码和地址码组成。
- (5) 指令在存储器中按执行顺序存放,由指令计数器指明要执行的指令所在的单元地址。
- (6) 机器以运算器为中心,输入/输出设备与存储器间的数据传送都通过运算器。

50 多年来,随着技术的发展,人们对冯·诺依曼机进行了很多改革,计算机的体系结构和性能都经历了重大变化,但就其结构原理来说,大多数计算机仍沿用这一原则,建立在存储程序概念的基础上,习惯上仍称之为冯·诺依曼型计算机。不同之处在于现代计算机不再以运算器为中心,而是发展为以存储器为中心。本书介绍的计算机基本工作原理仍从冯·诺依曼概念入门。

1.2.2 计算机的硬件系统

计算机硬件是指计算机中的电子线路和物理装置。它们是看得见、摸得着的实体,是计算机的物质基础。冯·诺依曼型计算机硬件系统由五大部分组成,即运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。

运算器和控制器合称为中央处理器(Central Process Unit, CPU)。CPU 和存储器通常装在一个主板上,合称主机。

输入设备和输出设备统称为 I/O 设备,因为它们位于主机的外部,也称为外部设备或外围设备。

计算机硬件系统五大部分的相互关系如图 1.4 所示。

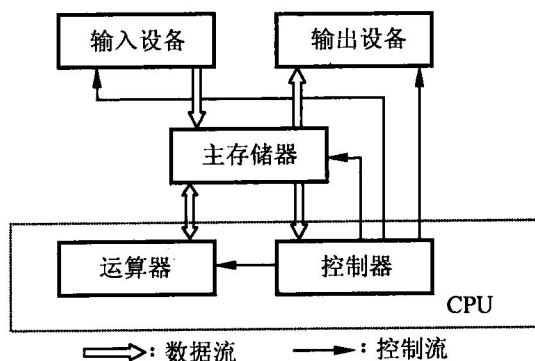


图 1.4 计算机硬件系统基本组成框图

1. 存储器

存储器是计算机中用于存放程序和数据部件。不管是程序还是数据在存储器中都是以二进制的形式存放,并统称为信息。计算机执行程序前,这些信息必须预先放在存储器中。存储器由许多小单元组成,每个单元存放一个数据或一条指令。存储单元按某种顺序编号,每个单元对应一个编号,称为单元地址,用二进制编码表示,如图 1.5 所示。存储单元地址与存储在其中的信息是一一对应的。单元地址只有一个,固定不变,而存储在其中的信息是可以更换的。

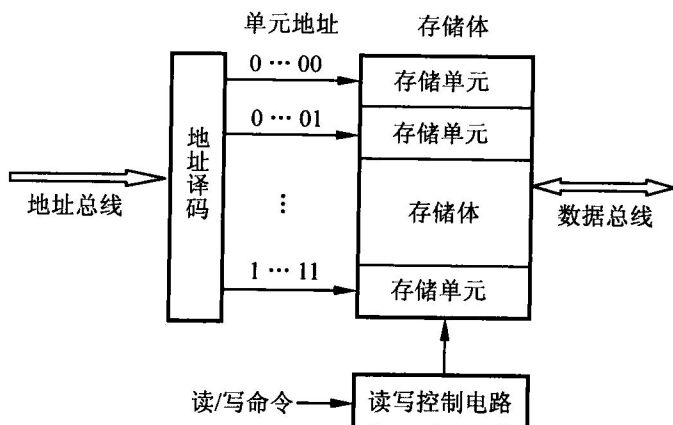


图 1.5 存储器组成框图

无论向存储单元存入信息还是从存储单元取出信息，都称为访问(access)存储器。访问存储器时，先由地址译码器对送来的存储单元地址进行译码，找到要访问的存储单元；再由读写控制电路确定访问存储器的方式，是取出(读)还是存入(写)；最后，按规定方式完成具体的取出或存入操作。

与存储器有关的部件还有地址总线 and 数据总线。它们分别为访问存储器传送地址信息和数据信息。存储器分为主存储器(又称内存储器)和辅助存储器(又称外存储器)，有关存储器的详细讨论详见第4章。

2. 运算器

运算器是一个用于信息处理和运算的部件，它对数据进行算术运算和逻辑运算。运算器通常由算术逻辑部件(ALU)和一系列寄存器组成。ALU 是具体完成算术与逻辑运算的部件；寄存器用于存放运算操作数。

运算器一次能运算的二进制数的位数，称为字长，它是计算机的重要指标。常用的计算机字长有8位、16位、32位和64位，寄存器及存储单元的长度应与ALU的字长相等等或者是它的整数倍。有关运算器的具体内容将在第3章讨论。

3. 控制器

控制器是整个计算机的控制机构，其功能就是按照事先确定的步骤，控制运算器、存储器和输入/输出设备统一协调地正确完成所需要的操作。它是整个计算机的指挥中心，控制器也是计算机中最复杂的部件。要正确有序地完成人们事先确定好的工作，控制器必须在统一的时钟控制下，从存储器中一条一条地取出指令进行分析，根据指令的具体要求安排操作顺序，并向各个部件发送相应的控制信号，有条不紊地控制各个部件执行指令规定的任务。

4. 输入设备

输入设备的任务是把人们编好的程序和原始数据输送到计算机中去，并且把其转换成计算机内部所能识别和接收的信息。输入的信息形式有数字、字母、文字、图形、图像、