



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

计算机原理 简明教程

JISUANJI YUANLI
JIANMING JIAOCHENG

王铁峰 沈美娥 王欣 高卓 编著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

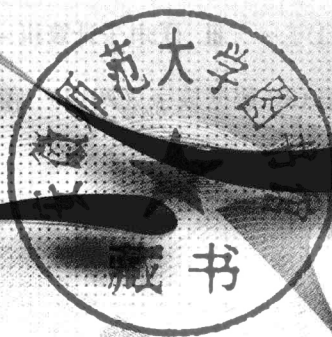


普通高等教育“十二五”创新型规划教材

计算机原理 简明教程

JISUANJI YUANLI
JIANMING JIAOCHENG

王铁峰 沈美娥 王欣 高卓 编著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共分两部分内容, 数字逻辑和计算机组成原理。数字逻辑占全书的三分之一弱, 计算机组成原理占三分之二强。上半部分数字逻辑主要内容是: 第2章逻辑代数与逻辑门电路, 第3章组合逻辑电路, 第4章时序逻辑电路, 第5章只读存储器与可编程逻辑器件。下半部分计算机组成原理主要内容是: 第6章存储器组织, 第7章运算器, 第8章指令系统, 第9章控制器设计原理, 第10章输入输出系统, 第11章并行计算机体系结构简介。

本书加入了最新知识, 如超线程技术、双内核技术, 内存发展趋势等。最后一章介绍了集群机概念, 它是云计算的硬件基础内容。

本书可作为信息与计算科学、软件工程、管理与信息系统、管理科学等新专业的教材, 也可作为计算机专业的教材, 同时也可供从事计算机专业的工程技术人员及各类自学人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机原理简明教程 / 王铁峰等编著. —北京: 北京理工大学出版社,
2012. 2

ISBN 978 - 7 - 5640 - 5579 - 0

I. ①计… II. ①王… III. ①电子计算机 - 高等学校 - 教材 IV. ①TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 016708 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 天津紫阳印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15.5

字 数 / 360 千字

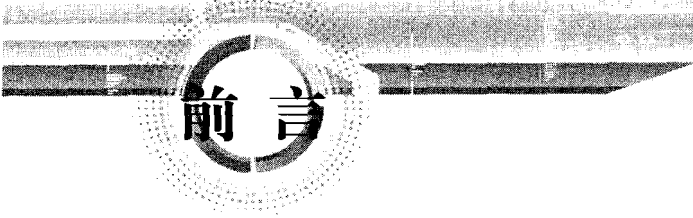
版 次 / 2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 32.00 元

责任校对 / 杨 露

责任印制 / 王美丽



前言

近十年来计算机技术已经取得巨大进步,为适应计算机教育发展,各学校现在普遍开设了信息与计算科学、软件工程、管理与信息系统、管理科学等新专业,很多学校的这些非计算机专业都开设了计算机组成原理课程,但不开设数字逻辑课程(对于计算机专业,数字逻辑是计算机组成原理必须先修的课程),使得这些专业的计算机组成原理非常难讲,许多教师不得不加一些数字逻辑知识,本教材就是为了适应这种新形式编写的。编写该教材的几位作者都是教这几门新专业的现任教师,经过几年的摸索编写了这本新教材。它包括简明数字逻辑知识和计算机组成原理知识的二合一内容。数字逻辑知识以计算机组成原理涉及的内容为主,不同于专门的数字逻辑教材,只是简单介绍,以够用为准。计算机组成原理的选材原则是脱离具体机型,博采众家之长,围绕基本组成结构展开。教材内容紧跟计算机技术发展的最新潮流,体现最新进展和最新研究方向,做到少而精。

本教材系统地介绍了计算机各个部分的组成结构与基本工作原理。主要包括:实现设计计算机各组成部分所需的数字逻辑知识层内容——组合逻辑电路、时序逻辑电路、可编程器件,以及计算机组成原理内容——存储器体系、运算方法和运算器、指令系统、控制器、输入输出系统。此外,本教材最大特点是把当今计算机各组成部分的最新研究进展介绍给读者,例如主存储器最新研究领域是磁性主内存条(磁性随机访问存储器 MRAM),专家预测它将来有可能取代半导体主内存条,又如 CPU 的发展趋势,不再强调主频越快越好,而是采用双核 CPU。本教材最后一章介绍并行计算机,并把最先进的集群机作为例子,同时把一些专家认为的第六代超级计算机拥有的特征介绍给读者。所以本教材也适合计算机专业的学生使用。

本教材分上下两篇,上篇为简明数字逻辑,下篇为计算机组成原理。上篇共五章,第 1 章概述(有关计算机内容),第 2 章逻辑代数与逻辑门电路,第 3 章组合逻辑电路,第 4 章时序逻辑电路,第 5 章只读存储器与可编程逻辑器件。下篇共六章,第 6 章存储器组织,第 7 章运算器,第 8 章指令系统,第 9 章控制器设计原理,第 10 章输入输出系统,第 11 章并行计算机体系结构简介。本书的配套课件和习题参考答案可在出版社网站下载。

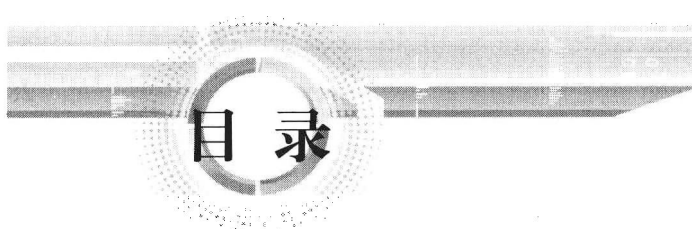


由于教育部强调 21 世纪教学以创新为主, 加强实验环节, 减少课堂学时, 增加实验学时, 所以专业基础课的现有学时大多在 50 学时左右, 比以前的 70~80 学时大大减少。因此本教材特别适合 50 学时左右的计算机组成原理课程教学。

本教材由北京信息科技大学教师编写, 其中第 1 章、第 5 章、第 9 章和第 10 章由王铁峰编写, 第 2 章和第 6 章共 5 万字由沈美娥编写, 第 3 章和第 7 章共五万字由王欣编写, 第 4 章和第 8 章共五万字由高卓编写。

几位编者虽然从事计算机组成原理教学工作多年, 但知道自己的水平有限, 计算机技术又不断发展, 本教材难免有错误和不足, 恳切希望同行和广大读者, 特别使用本教材的教师和学生多提宝贵意见。

编 者



目 录

上篇 简明数字逻辑

第 1 章 概论	3
1.1 计算机历史	3
1.1.1 第一代电子管计算机	3
1.1.2 第二代晶体管计算机	4
1.1.3 第三代集成电路计算机	4
1.1.4 第四代超大规模集成电路计算机	5
1.2 计算机系统的层次结构	5
1.3 超级计算机发展史	7
习题	7
第 2 章 逻辑代数和逻辑门电路	9
2.1 逻辑关系和逻辑门电路	9
2.1.1 逻辑“与”及“与门”	9
2.1.2 逻辑“或”及“或门”	10
2.1.3 逻辑“非”及“非门”	11
2.1.4 复合逻辑及复合门	11
2.2 逻辑代数的基本定律	14
2.2.1 逻辑函数的“相等”概念	14
2.2.2 逻辑代数的基本定律	14
2.3 逻辑函数的化简	16
2.3.1 逻辑函数的标准与或式和最简式	16
2.3.2 逻辑函数的公式化简法	18
2.3.3 逻辑函数的卡诺图化简法	20
2.4 常用 TTL 门电路芯片	23
2.4.1 TTL 与非门单元电路	23
2.4.2 常用 TTL 门电路芯片	24
习题	25



第3章 组合逻辑电路	27
3.1 组合逻辑电路的分析	27
3.1.1 分析方法	27
3.1.2 分析举例	28
3.2 组合逻辑电路设计	29
3.2.1 组合逻辑电路设计方法	29
3.2.2 组合逻辑电路设计举例	29
3.3 中规模集成电路逻辑部件	32
3.3.1 编码器	32
3.3.2 译码器及其应用	33
3.3.3 数值比较器	37
3.3.4 数据选择器及其应用	39
3.3.5 组合逻辑电路举例	43
习题	45
第4章 时序逻辑电路	47
4.1 触发器	47
4.1.1 用与非门组成的基本 RS 触发器	47
4.1.2 用与非门组成的钟控触发器	48
4.1.3 边沿触发器	51
4.2 寄存器和移位器	54
4.2.1 寄存器	54
4.2.2 移位器	56
4.2.3 相联存储器	59
4.2.4 用 JK 触发器实现寄存器	61
4.3 同步计数器	61
4.3.1 计数器设计	61
4.3.2 计数器集成芯片介绍	65
4.3.3 N 进制计数器	66
习题	67
第5章 只读存储器与可编程逻辑器件	71
5.1 只读存储器 (ROM)	71
5.1.1 ROM 的结构	71
5.1.2 ROM 的工作原理	72
5.1.3 ROM 制造技术简介	73
5.1.4 只读存储器 (ROM) 的应用	75
5.2 可编程逻辑器件	77
5.2.1 PLA 可编程逻辑阵列	77
5.2.2 PAL 可编程阵列逻辑简介	79

5.2.3 GAL 通用阵列逻辑简介	79
5.2.4 实例介绍	80
习题	85

下篇 计算机组成原理

第 6 章 存储器组织	89
6.1 主存储器的构成	89
6.1.1 主存储器芯片	89
6.1.2 主存储器容量的扩展	95
6.2 存储系统组织	97
6.2.1 双端口存储器与并行主存系统	98
6.2.2 高速缓冲存储器	99
6.2.3 替换策略及更新策略	105
6.2.4 虚拟存储器	105
6.3 主存储器的芯片技术	109
6.3.1 快速页式动态存储器 (FPM DRAM)	109
6.3.2 增强数据输出 DRAM (EDRAM)	109
6.3.3 同步动态存储器	110
6.3.4 双速率同步动态存储器	110
6.3.5 磁性随机访问存储器	111
6.4 三级存储体系	112
6.5 磁盘存储设备	113
6.5.1 磁记录原理与记录方式	113
6.5.2 磁盘存储设备	115
习题	118
第 7 章 运算器	122
7.1 数据信息的表示方法	122
7.1.1 带符号数的表示	122
7.1.2 补码加减法	124
7.1.3 定点表示与浮点表示	127
7.1.4 溢出判别	129
7.1.5 字符的表示	129
7.2 算术逻辑运算部件 ALU	131
7.2.1 一位全加器	131
7.2.2 串行进位并行加法器	132
7.2.3 先行进位并行加法器	132
7.2.4 补码加法器	133



7.2.5 算术逻辑运算部件 ALU 举例	134
7.3 定点乘除法运算	136
7.3.1 定点乘法运算	136
7.3.2 定点除法运算	144
7.4 浮点四则运算	145
7.4.1 浮点加减运算	146
7.4.2 浮点乘法运算	147
7.4.3 浮点除法运算	147
7.5 运算器组成	148
7.5.1 暂存器型运算器	148
7.5.2 多路选择器型运算器	148
习题	149
第 8 章 指令系统	151
8.1 指令格式	151
8.1.1 指令字长	152
8.1.2 操作码格式	152
8.1.3 指令助记符	154
8.2 寻址方式	154
8.2.1 指令寻址方式	154
8.2.2 数据的寻址方式	154
8.3 指令类型	157
8.4 CISC 和 RISC	158
8.5 Pentium II 指令格式	159
习题	159
第 9 章 控制器设计原理	161
9.1 基本概念	161
9.1.1 运算器及内总线	161
9.1.2 主存接口	162
9.1.3 控制器	163
9.2 机器指令的周期划分与控制信号	164
9.2.1 指令执行分析	164
9.2.2 指令执行周期	165
9.2.3 控制信号	165
9.3 指令执行流程	166
9.3.1 运算指令执行流程	167
9.3.2 传送指令执行流程	168
9.3.3 控制指令执行流程	169
9.4 微程序控制器	170

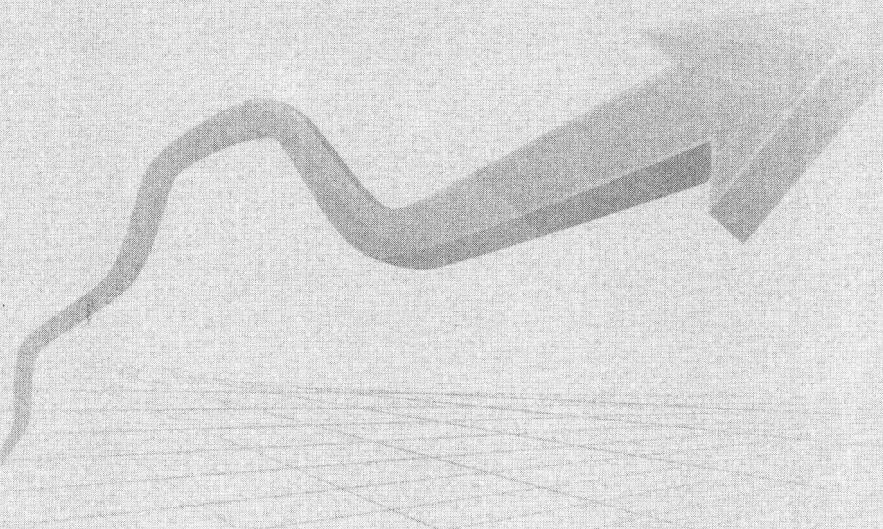
9.4.1	微程序控制的基本概念	170
9.4.2	微指令编码格式的设计	171
9.4.3	微程序控制器	172
9.5	时序系统	173
9.6	时序控制方式	174
9.7	模型机的主机设计	175
9.7.1	模型机指令系统设计	175
9.7.2	总体结构与数据通路	178
9.7.3	时序系统与时序控制方式	180
9.7.4	微指令格式	180
9.7.5	通用寄存器的控制逻辑表达式	183
9.7.6	微程序控制器	183
9.7.7	微程序流程图	185
9.7.8	微程序编制举例	188
9.7.9	模型机 CPU 设计过程总结	190
9.8	CPU 技术简介	191
习题		194
第 10 章	输入输出系统	197
10.1	输入输出设备简介	197
10.1.1	常用输入设备简介	197
10.1.2	常用输出设备简介	198
10.2	系统总线	201
10.2.1	系统总线种类	202
10.2.2	总线通信同步方式	203
10.2.3	总线争用控制	205
10.2.4	微机总线	206
10.3	输入输出接口	209
10.3.1	串行接口	210
10.3.2	并行接口	211
10.3.3	接口寻址	212
10.4	输入输出控制方式	212
10.4.1	程序直接控制方式	213
10.4.2	程序中断控制方式	213
10.4.3	DMA 控制方式	219
10.4.4	通道控制方式	222
习题		224
第 11 章	并行计算机体系结构简介	226
11.1	并行计算机结构分类	226



11.2	SIMD 并行计算机	227
11.2.1	阵列处理机	227
11.2.2	向量处理机	227
11.3	MIMD 并行计算机	229
11.3.1	多处理器系统	230
11.3.2	多计算机系统	231
11.3.3	集群机系统	233
11.4	第六代超级计算机概念	236
	习题	237
	参考文献	238

上 篇

简明数字逻辑



第1章

概 论

1.1 计算机历史

1.1.1 第一代电子管计算机

为现代计算机奠定理论基础的英国人 Boole，在上世纪创立了“布尔代数”。20 世纪初，Eccles 和 Jordan 两位工程师用电子管组成了双稳态触发器，生产了记忆原件，可以用来表示“1”和“0”，这就为现代计算机打下了物质基础。被计算机科学界普遍认为的第一台计算机，是 1946 年在美国宾夕法尼亚大学实验室诞生的，称为电子数值积分和计算机（Electronic Numerical Integrator and computer——ENIAC）。它由 18 000 个电子管和 1 500 个继电器组成，重达 30 吨，功耗 150 kW，只有 20 个寄存器能存储数据。它的运算速度只有 5 000 千次/秒，没有软件，需要靠 6 000 个开关和众多插座来编程进行运算。ENIAC 项目组的一个研究人员冯·诺依曼（John von Neuman）发现用大量的开关、插头来编程十分费时，且极不灵活，他提出程序可以用数字形式和数据一起在计算机内存中表示，并提出用二进制替代十进制。

冯·诺依曼设计的计算机由五个基本部分组成：存储器、运算器、控制器以及输入输出设备，如图 1-1 所示。首先将编好的程序和数据由输入设备送入存储器中，再将指令从存储器中取出送往控制器解释分析，根据指令中的内容产生各种控制信号，自动控制计算机中所有部件，按时间顺序完成指令内容。这就是冯·依曼程序控制的概念，也是当今绝大多数计算机遵循的规则。

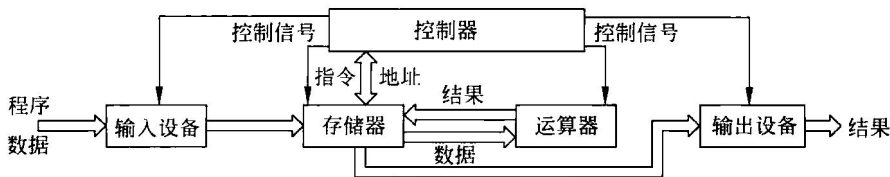


图 1-1 计算机的组成

第一代计算机硬件采用电子管（体积大，功耗大）为基本器件，软件主要为汇编语言。应用于 1945—1958 年左右。这一时期的计算机主要为军事与国防技术服务，重点发挥计算机的计算能力，帮助人们解决复杂计算问题。



1953 年, IBM 开始研制计算机, 并在几年时间里发展壮大, 成为领头企业, 到 1958 年推出了最后一台电子管大型机产品 709。在第一代计算机中, IBM 的成功产品是 IBM650 小型机, 销售量超过千台, 在当时已是了不起了。中国在第一代电子管计算机发展后期, 用一句话总结为“跟上了”。1958 年, 中科院计算所成功研制出我国第一台小型电子管通用计算机 103 机 (八一型)。

1.1.2 第二代晶体管计算机

晶体管早在 1948 年, 由贝尔实验室的 John Bardeen、Walter Brattain 和 William Shockley 发明的, 但成为计算机的主要器件却是大大滞后了。晶体管比电子管相比具有体积小、功耗低、工作速度快等许多优点, 因此晶体管计算机被称为第二代计算机, 主要用于 1958—1965 年间, 第二代计算机不仅硬件上得到更新, 软件上也有了大的发展, 主要体现在高级语言的使用上, 如出现 Algol 高级语言, COBOL 和 FORTRAN 高级语言, 使计算机编程更容易。另外某些机器上出现操作系统 OS。

第二代计算机在应用上取得了发展, 它不仅用于科学计算, 还能进行数据处理, 如第二代计算机上运行的 COBOL 语言就是数据处理应用高级程序并成功进入商业领域、大学和政府部门。这一时期产出了新的职业如程序员、分析员和计算机系统专家, 同时, 整个软件产业也由此诞生。

IBM7094 是第二代计算机代表之一, 在科学计算领域成为主力机型, 它的机器周期为 $2\mu\text{s}$, 有字长为 36 位的 32 kB 核心内存。为了面向商业, IBM 还开发了 IBM1041 机型, 比 IBM7094 便宜很多, 是商业领域主要机器, 它能读写磁带、读卡和打卡, 输出性能较好。

中国在第二代计算机发展情况用一句话总结“与日本同期水平相当”。1965 年, 中科院成功研制出第一台大型晶体管计算机 109 乙, 之后推出 109 丙, 该机为“两弹”试验发挥了重要作用。

1.1.3 第三代集成电路计算机

1958 年, 美国的工程师 Jack Kilby 发明了集成电路 IC 芯片, 将三种电子元件结合到一片小小的硅片上, 在单个芯片上可集成几十个晶体管, 然后封装。这个发明在 1964 年开始大规模采用, 当时集成水平能达到几十、几百, 第三代后期达到几千。集成电路的采用使计算机硬件体积变得更小、速度更快, 可靠性更高 (焊点数成倍减少是原因之一)。集成电路按集成度划分, 可分为小规模集成电路 (SSI, 每片数十器件)、中规模集成电路 (MSI, 每片数百器件)、大规模集成电路 (LSI, 每片数千器件)。

第三代集成电路计算机在 1965—1973 年, 不仅硬件发生历史性突破, 软件水平也大大提高, 操作系统已普遍采用, 应用领域已非常广泛。同时计算机开始走上通用化、系列化道路。IBM360 系统是最早采用集成电路的通用计算机, 也是影响最大的计算机, 它为后来的计算机体系结构奠定了基础。

IBM360 同时满足科学计算和商务处理两方面要求, 改变了 IBM7094 只能用于科学计算, 而 IBM1041 只能用于商业的单一化, 走向了通用化。IBM360 共有 6 种机型, 具有相同汇编

语言, 处理能力是递增的。为低型号机写的软件在高型号机上运行没有问题, 反过来只存在内存不足问题, 这样就产出了系列化。IBM360 共有 30、40、50、60、65 和 75 六个型号机型, 30 型号对应前面的 IBM1041, 75 型号对应 IBM7094。

中国在第三代集成电路计算机的发展, 由于这个时期国内环境等原因, 几乎是空白, 甚至影响到中国第四代计算机上半程的发展。

1.1.4 第四代超大规模集成电路计算机

超大规模集成电路 (VLSI, 1 万以上器件) 的出现使得一个芯片上能集成几万、几十万、甚至百万个晶体管, 目前达到几亿个晶体管。有了 VLSI 技术后, 可以把第三代计算机的运算器和控制器等部件, 集中在一个芯片上, 这就是后来的 CPU (中央处理器), CPU 芯片的出现开创了个人计算机的时代。

第四代超大规模计算机大约从 1973 年开始到现在, 时间跨度非常大, 集成度也有天壤之别, 那为什么还停留在第四代计算机上呢? 原因是第四代计算机的性能大大提高, 可以运行大型软件, 这样可以编写出智能软件, 所以第四代计算机趋向智能化。正是因为有了智能化特征, 使得人们期待的第五代计算机不再考虑硬件的集成度指标, 而是定义为智能型计算机。从智能型计算机角度衡量当前计算机, 当然还称不上智能, 所以仍是第四代计算机。另外第四代计算机的主存储器用半导体存储器取代了磁芯存储器, 它的容量按照摩尔定律每 18 个月翻一番的速度向前发展。

第四代计算机发展的伟大成就在于个人计算机的诞生。IBM 于 1981 年推出个人计算机成为历史上最畅销的计算机。由于 IBM 个人计算机设计的开放性, 许多公司同样可以生产个人计算机, 从而推动了新行业发展, 让成千上万人拥有自己的计算机。第四代计算机发展的另一成果是网络的出现, 它的迅猛发展使得人们在生活方式、文化等许多方面发生了变化, 网络正在成为人们生活的一部分。

随着第四代计算机的发展, 这个领域的企业排序发生了变化, Intel 公司和 Microsoft 公司打败了世界上最大的 IBM 公司, 成了世界上计算机产业领导公司。

中国在第四代计算机后期开始奋起直追, 目前 CPU 技术可以达到 PentiumIII 水平, 巨型机可以排进前 50 名, 值得一提的是, 联想公司收购了 IBM 的个人计算机业务, 这在以前是根本不可想象的事情。

1.2 计算机系统的层次结构

计算机系统从不同角度分析, 可以有几种层次的划分, 本书只介绍最基本、最普遍的划分方法。计算机系统可分为应用层、系统层和硬件层三层, 如图 1-2 所示。

硬件层是整个计算机系统的基础和核心, 所有的功能最终由此层完成。硬件层又细分成硬件设计和硬件电路。硬件设计包括: 计算机各部件组成的设计, 指令系统设计、微程序控制器设计等, 再把它们用数字逻辑设计实现, 以便最后生成硬件电路。计算机硬件设计中最重要的是指令系统设计和微程序控制器设计。指令系统也称机器语言, 它所提供的是那



些计算机硬件可以读懂，并可以直接操纵计算机硬件工作的二进制信息。当前计算机的控制器多采用微程度控制器，其功能是将一条机器指令（0 和 1 组成二进制代码）对应为一系列由微指令组成的微程序（也是二进制代码），顺序发出控制命令，控制各逻辑门的打开与关闭，让数据按规定的方向和顺序在硬件部件之间流动，完成指令功能。除了硬件设计人员，人们一般不关心如何设计，因为它是透明的。硬件电路就是具体的集成电路、印制电路板（PCB）等，这个实现又是非常复杂，这里就不作介绍了。硬件设计的最后内容就是把各种部件功能用数字逻辑内容（电路图）表现出来，再把数字逻辑内容转成硬件电路，整个硬件设计就完成了。计算机组成原理只涉及硬件层和硬件设计部分，其他内容则由相应课程介绍，所以计算机组成原理课程属于计算机系统硬件知识部分。

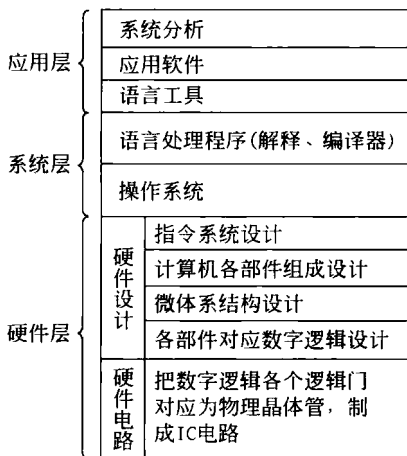


图 1-2 计算机系统的层次结构

系统层主要包括操作系统和语言处理程序，语言处理程序即编译器或解释器。操作系统是一个最主要的系统软件，它控制了其他程序的运行，管理系统资源并且为用户提供操作界面。简单的操作系统如 DOS，较复杂的操作系统有 UNIX、Linux 和 Windows XP 等。高级语言的源程序可以通过两种方法转换成机器语言（目标程序），一种通过编译程序在运行之前将源程序转换成机器语言；另一种是通过解释程序进行解释执行，即逐行解释并主动执行源程序的语句。编译程序和解释程序现称为编译器和解释器，它们通常由系统程序员来编写，因为他们要熟知硬件对应的机器语言。

应用层包括系统分析，应用材料和语言工具。系统分析是系统分析人员根据对任务的需求分析，设计算法，构建数学模型，并根据数学模型和算法进行概要设计和详细设计。语言工具是程序设计语言称为高级语言，如 C 语言，C++，VC，Java，C#，Delphi 和 VB 等等，还有各种数据库语言，再有就是各种环境平台，它们为各种应用软件提供了丰富的工具。应用软件是面向用户应用的功能软件，编程人员根据用户要求，选择适当工具编写应用程序；如 MIS 系统（管理信息系统）、印刷排版软件，多媒体软件、数据处理软件、控制软件、事务处理软件、游戏软件等。

计算机系统是由硬件与软件两部分组成，硬件简单说是看得见摸得着的东西，剩下的就是软件。在早期，计算机系统设计时，硬件设计不考虑软件问题，只考虑一些硬件特性，而软件是当硬件开发完成后，针对当时具体硬件条件编写，所以当硬件提升后，软件就不能用了，必须重新编写。自从 IBM360 系列推出后，硬件与软件设计开始相互影响，硬件设计要考虑软件的继承性，软件的设计要考虑充分发挥硬件特性及通用性。目前 CPU 的设计一定要考虑当今的软件技术，去更好配合软件来发挥 CPU 的效用，反之也一样。如 2005 年推出的双内核 CPU，就是因为软件技术成熟了，已支持双内核 CPU 的运行，才推出台式机的双内核 CPU；而双内核 CPU 技术早就用在了高端服务器上，只不过这些软件只适合在服务器上运行。台式机双内核 CPU 一定要有软件支持，否则与单 CPU 没有什么区别，因此各种软件开发商必须提早设计并行执行软件，来适应双内核 CPU 的出现；而台式机的双内核 CPU，也一定要达到多数软件支持它的时候推出，否则就是浪费。