

● 普通高等院校“十二五”规划教材

计算机 组成与结构

谢永宁 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等院校“十二五”规划教材

计算机组成与结构

谢永宁 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

“计算机组成与结构”是计算机专业最重要的基础课程之一，主要以信息在计算机内部的加工、处理为主线介绍计算机的结构、工作原理和功能特性；从一台计算机的整体结构出发，介绍计算机硬件系统内各部件之间的互连、指令系统和指令在计算机中的执行过程；详细地介绍组成计算机各部件的组成原理、逻辑实现和设计方法。

全书共 10 章，主要内容包括计算机系统概论、数据的表示与编码、运算方法与运算部件、指令系统、控制器、存储器件、存储系统、输入/输出系统、输入/输出设备、现代 PC 系统。

本书适合计算机及相关专业作为“计算机组成原理”或“计算机组成与结构”课程的教材。

图书在版编目（CIP）数据

计算机组成与结构 / 谢永宁编著. —北京：中国
铁道出版社，2013. 11
普通高等院校“十二五”规划教材
ISBN 978-7-113-17374-6

I. ①计… II. ①谢… III. ①计算机体系结构—高等
学校—教材 IV. ①TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 229803 号

书 名：计算机组成与结构
作 者：谢永宁 编著

策 划：刘丽丽

读者热线：400-668-0820

责任编辑：周 欣 何 佳

封面设计：刘 颖

封面制作：白 雪

责任印制：李 佳

出版发行：中国铁道出版社（100054，北京市西城区右安门西街 8 号）

网 址：<http://www.51eds.com>

印 刷：北京鑫正大印刷有限公司

版 次：2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

开 本：787mm×1092mm 1/16 印张：17 字数：409 千

印 数：1~2 000 册

书 号：ISBN 978-7-113-17374-6

定 价：33.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书，如有印制质量问题，请与本社教材图书营销部联系调换。电话：（010）63550836

打击盗版举报电话：（010）51873659

“计算机组成与结构”是计算机专业最重要的基础课程之一。“计算机系统结构”是指汇编语言级的程序员所能了解的计算机的属性,即从计算机系统的外部所能看到的计算机系统的特性(外特性)。“计算机组成原理”是指计算机系统结构的逻辑实现,即进入计算机系统的内部了解计算机系统的各个组成部件的工作原理、逻辑实现和设计方法。“计算机组成与结构”是以计算机组成原理为主、计算机系统结构为辅,以信息在计算机内部的加工、处理为主线,介绍计算机系统的结构、工作原理和功能特性;从一台计算机的整体结构出发,介绍计算机硬件系统内部各部件之间的互连、指令系统和指令在计算机中的执行过程;详细地介绍组成计算机各部件组成原理、逻辑实现和设计方法。

本书在参考了大量教材的基础上,认真地分析了学生学习过程中普遍反映的问题:“知识点多,不易记忆;内容抽象,不好理解;知识离散,越学越乱”,之后对教学大纲规定的内容进行了重新组合。以冯·诺依曼结构为纲,纲举目张。以冯·诺依曼结构的特点为主干,连接计算机的各个组成部分。将那些分散、零碎的知识点一一串联起来,形成一个层次清晰、结构明朗、联系紧密的统一体。以冯·诺依曼的设计思想为基础,讲解各部分的组成结构和工作原理。

本书内容涵盖了2013年计算机学科研究生入学考试大纲(计算机组成原理)的全部知识点,适合计算机及相关专业作为“计算机组成原理”或“计算机组成与结构”课程的教材。全书共分10章,各章内容如下:

第1章 计算机系统概论:首先介绍计算机系统的一些基本概念、发展历程和基本组成,然后介绍计算机系统的性能评测和分类方法。

第2章 数据的表示与编码:现代计算机已不仅是一个计算的工具,而是一个信息处理系统。在计算机的内部,各种信息都必须采用数字化编码的形式来传送、存储和加工。计算机处理的对象是数据,本章重点介绍数据的表示方法及其在计算机中的编码方法。

第3章 运算方法与运算部件:运算器的结构与数值数据的类型、编码和运算方法有关,本章重点介绍不同编码的数值数据的运算方法,由此推出运算器的基本组成。

第4章 指令系统:计算机硬件能够直接识别的命令称为机器指令,计算机系统中所有指令的集合称为指令系统。指令系统是控制器设计的依据,它要由硬件解释并执行;指令系统也是一切软件的基础,它是最低级语言的基本语句集。本章重点介绍指令的设计技术。

第5章 控制器:控制器是计算机的指挥中心和管理机构,通过对存储于存储器中指令的解释,有条不紊地向各个组成部分发出有关的操作命令,指挥计算机的各个部件协调地工作。本章重点介绍控制器的基本工作原理。

第6章 存储器件:存储器是用来存放指令和数据的部件。目前广泛使用的存储器有半导体存储器、磁表面存储器和光盘存储器。本章重点介绍半导体存储器、磁表面存储器和光盘存

储器的一些基本知识和读/写原理。

第 7 章 存储系统：现代计算机中的存储器按其作用分为三种：高速缓存（Cache）、主存和辅存。其中主存是必不可少的存储器，一切要执行的程序和数据都必须在主存中。Cache 和辅存都是为了提高存储器的性能而引入的。本章重点介绍存储系统的层次结构和管理模式。

第 8 章 输入/输出系统：输入/输出系统包括：外部设备（输入/输出设备和辅助存储器）和设备控制器（主机和外围设备之间的控制部件）。设备控制器也称为设备适配器或接口，其作用是控制并实现主机与外围设备之间的数据传送。现代计算机的各个组成部分都是通过总线连接的，总线技术已经得到广泛应用。本章主要介绍设备控制器的工作原理和总线技术。

第 9 章 输入/输出设备：中央处理器（CPU）和主存储器（MM）构成计算机的主体，称为主机。主机以外的大部分硬设备都称为外部设备或外围设备，简称外设。它包括常用的输入设备、输出设备和辅存。辅存已在第 7 章做过详细介绍，本章简单介绍常用的输入设备和输出设备。

第 10 章 现代 PC 系统：1981 年，IBM 推出了不需要共享其他计算机的处理、磁盘和打印机等资源，也可以独立运行、完成特定功能的个人计算机（PC）。今天，PC 已普及到大众。本章主要介绍现代 PC 的选配、安装和维护的基本知识。

本课程的教学建议

建议教学学时为 64 学时，具体安排如下：

第 1 章 计算机系统概论	2 学时
第 2 章 数据的表示与编码	8 学时
第 3 章 运算方法与运算部件	8 学时
第 4 章 指令系统	6 学时
第 5 章 控制器	12 学时
第 6 章 存储器件	6 学时
第 7 章 存储系统	6 学时
第 8 章 输入/输出系统	6 学时
第 9 章 输入/输出设备	4 学时
第 10 章 现代 PC 系统	6 学时

致谢

本书在编写的过程中得到了相关教师的热心帮助，中国铁道出版社为本书的顺利出版也做了大量的工作，特别是编审专家提出了很多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。本书写作时参考了大量参考文献，在此也向这些文献资料的作者深表谢意。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免有欠妥之处，敬请各位专家、读者批评指正。

编 者

2013 年 3 月

第 1 章 计算机系统概论	1
1.1 基本概念	1
1.2 计算机发展简史	4
1.3 计算机系统基本组成	7
1.4 计算机系统层次结构	8
1.5 计算机系统工作特点	9
1.6 计算机系统性能评测	9
1.6.1 性能评测	10
1.6.2 主要性能指标	12
1.7 计算机系统分类	12
本章小结	15
习题	16
第 2 章 数据的表示与编码	17
2.1 信息编码的基本概念	17
2.2 数值数据的表示、转换与运算	18
2.2.1 数值数据的表示方法 (数系简介)	18
2.2.2 r 进制数之间的转换	22
2.2.3 二进制数的运算规则	23
2.2.4 十进制数的表示与运算	24
2.3 数值数据在计算机中的表示方法	25
2.3.1 计算机中数值数据的类型	25
2.3.2 数值数据的编码方法 (机器数形式)	27
2.4 符号数据的编码	31
2.5 数据校验码	33
2.5.1 数据校验的基本概念	33
2.5.2 奇偶校验码	33
2.5.3 海明校验码	35
2.5.4 循环冗余校验码 (CRC 码)	37
本章小结	39
习题	40
第 3 章 运算方法与运算部件	41
3.1 定点数的运算	41
3.1.1 定点数移位运算	41
3.1.2 定点数加减法运算	42
3.1.3 定点数乘法运算	44

3.1.4 定点数除法运算	54
3.2 浮点数的运算	61
3.2.1 浮点数加减运算	61
3.2.2 浮点数乘除运算	63
3.3 运算部件	65
3.3.1 定点运算部件	65
3.3.2 浮点运算部件	65
本章小结	66
习题	67
第4章 指令系统	68
4.1 机器指令的基本概念	68
4.2 指令的设计技术	70
4.2.1 指令操作码的设计技术（操作码的扩展技术）	70
4.2.2 指令地址码的设计技术（寻址方式）	71
4.2.3 设计指令格式应考虑的各种因素	74
4.3 操作类型（指令的类型）	74
4.4 精简指令系统计算机和复杂指令系统计算机	77
4.4.1 复杂指令计算机	77
4.4.2 RISC 的产生与发展	78
4.4.3 RISC 的特点	78
本章小结	79
习题	80
第5章 控制器	81
5.1 控制器的构成	81
5.1.1 控制器的基本功能	81
5.1.2 控制器的基本组成	82
5.1.3 指令的执行过程（示例）	84
5.2 微程序控制的计算机	88
5.2.1 微程序控制思想	88
5.2.2 微程序设计技术	89
5.2.3 微程序控制存储器和动态微程序设计	95
5.2.4 串行微程序控制和并行微程序控制	95
5.2.5 微程序设计语言	97
5.3 硬布线控制的计算机	98
5.3.1 硬布线控制器的基本组成	98
5.3.2 操作码译码器	99
5.3.3 机器周期信号的产生	99
5.3.4 操作控制信号的产生	101
5.3.5 硬布线控制逻辑设计中要考虑的若干问题	103

5.3.6 硬布线控制与微程序控制的比较	104
5.4 控制器的控制方式	104
5.5 流水线技术	105
5.5.1 提高计算机系统运算速度的基本方法	105
5.5.2 指令的解释方式	106
5.5.3 流水线工作方式	108
5.5.4 流水线不能连续工作的原因与对策	113
本章小结	116
习题	118
第 6 章 存储器件	120
6.1 存储器的分类和主要技术指标	120
6.1.1 存储器的分类	120
6.1.2 存储器的主要技术指标	121
6.2 半导体存储器	123
6.2.1 易失性半导体存储器	123
6.2.2 非易失性半导体存储器	127
6.2.3 半导体存储器的组成与控制	128
6.2.4 多体交叉存储器	130
6.2.5 固态硬盘存储器	130
6.2.6 相联存储器	131
6.3 磁表面存储器	132
6.3.1 磁记录原理与记录方式	132
6.3.2 硬盘存储器	137
6.4 光盘存储器	141
6.4.1 光盘存储器种类	141
6.4.2 光盘的读/写原理	142
6.4.3 光盘存储器的组成	142
本章小结	143
习题	145
第 7 章 存储系统	146
7.1 存储系统的层次结构	146
7.2 Cache 与主存层次的管理	147
7.2.1 Cache 存储器的工作原理	147
7.2.2 Cache 与主存层次的管理	148
7.2.3 现代计算机中 Cache 的应用	155
7.3 主存与辅存层次的管理	155
7.3.1 虚拟存储器概述	155
7.3.2 虚拟存储器的管理方式	157
7.3.3 虚拟存储器工作的全过程	161

7.3.4	虚拟存储器与非虚拟存储器的主要区别	162
7.3.5	Pentium 处理机的存储器结构	162
7.3.6	存储管理部件 (MMU)	162
7.4	存储保护	163
	本章小结	164
	习题	166
第 8 章	输入/输出系统	167
8.1	接口的基本概念	167
8.2	数据传送方式	169
8.3	中断技术	172
8.3.1	中断的基本概念	172
8.3.2	中断的处理过程	174
8.3.3	中断判优	174
8.3.4	转向中断服务程序入口地址的方法	176
8.3.5	中断嵌套 (多重中断)	176
8.4	DMA 输入/输出方式	177
8.4.1	DMA 三种工作方式	177
8.4.2	DMA 控制器组成	177
8.4.3	DMA 传送的基本过程	179
8.5	通道控制方式和外围处理器方式	179
8.5.1	I/O 通道的基本概念	180
8.5.2	I/O 通道的种类	180
8.5.3	通道型 I/O 处理器 (IOP) 和外围处理器	181
8.6	总线技术	182
8.6.1	关于总线的基本概念	182
8.6.2	总线标准	183
8.6.3	总线的主要技术参数	184
8.6.4	总线结构	186
8.6.5	总线控制	186
8.6.6	常见的系统总线	188
8.6.7	常见的设备总线 (接口)	189
8.7	Pentium 处理器外围接口芯片组	196
	本章小结	197
	习题	199
第 9 章	输入/输出设备	201
9.1	输入设备	201
9.1.1	PC 键盘 (字符输入设备)	201
9.1.2	绝对坐标输入设备	202
9.1.3	相对坐标输入设备	203

9.1.4	图像输入设备	204
9.1.5	数字信息输入设备	207
9.1.6	文字输入设备	212
9.2	显示设备	214
9.2.1	阴极射线管 (CRT) 显示器	214
9.2.2	液晶显示器 (LCD)	215
9.2.3	等离子体显示器 (PDP)	215
9.2.4	显示技术中的有关术语	216
9.3	打印设备	217
9.3.1	点阵针式打印机	217
9.3.2	激光打印机	219
9.3.3	喷墨打印机	221
9.3.4	热敏打印机	223
9.3.5	热转印打字机	224
9.3.6	3D 打印机	225
	本章小结	226
	习题	226
第 10 章	现代 PC 系统	227
10.1	硬件的配置	227
10.1.1	主板	227
10.1.2	CPU	230
10.1.3	内存	235
10.1.4	硬盘存储器	235
10.1.5	光盘驱动器	235
10.1.6	显卡	236
10.1.7	主机箱的安装	237
10.1.8	显示器	238
10.1.9	键盘与鼠标	239
10.2	系统的安装	240
10.2.1	安装前的准备	240
10.2.2	安装系统	241
10.2.3	安装驱动程序	245
10.2.4	安装应用程序	247
10.3	系统的日常维护	247
10.3.1	防止计算机传染上病毒	247
10.3.2	计算机系统的优化	247
10.3.3	计算机数据的备份与恢复	248
10.4	常见故障的分析与处理	250
10.4.1	开机故障	250

10.4.2 Windows 启动故障.....	252
本章小结.....	254
习题.....	254
附录 A 2013 年计算机基础综合考试大纲——计算机组成原理.....	255
附录 B EAN-13 的国家代码.....	259
参考文献	261

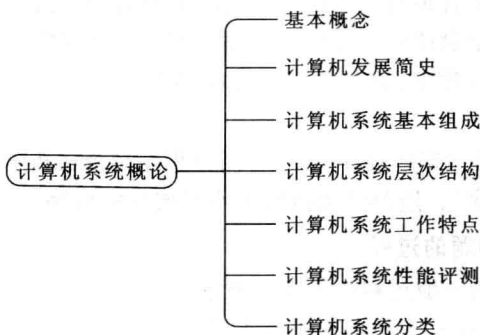
第 1 章 计算机系统概论

本章导读

从 1946 年世界第一台计算机诞生, 计算机经过了半个多世纪的发展, 已经在人类生活的各个领域都得到了广泛的应用。

本章首先介绍计算机系统的一些基本概念、发展历程和基本组成, 然后介绍计算机系统性能评测和分类方法。

内容结构



学习目标

本章内容一般只要求作认识性了解, 通过学习, 读者应该能够:

- 了解计算机系统的基本概念、发展历程和基本组成。
- 了解计算机系统的性能评测和分类方法。
- 掌握冯·诺依曼结构计算机的特点。

1.1 基本概念

1. 电子数字计算机

人们通常所讲的“计算机”, 确切名称应该是“电子数字计算机”。“电子”, 表明组成计算机的基本器件是电子器件, 而不是其他机械的或机电式的器件。“数字”, 表明计算机所处理的对象是“离散的”或称“数字化的”信息, 而不是连续或模拟的信息。由于计算机具有计算、模拟、分析问题、操纵机器和处理事务的能力, 所以被看成是人脑的延伸, 又被称为“电脑”。但电脑终究不是人脑, 它不能像人一样“眉头一皱, 计上心来”, 而只能按照预先设定的程序, 按部就班地工作。

2. 语言

人类都用语言文字来表达思想, 交流信息, 不同民族的人有着不同的语言。英国人用英语, 法国人用法语, 德国人用德语, 俄罗斯人用俄语, 中国人用汉语。人类使用的这些语言称为“自然语言”。

计算机也有自己的语言, 这就是“机器语言”, 机器语言是由一些二进制代码表示的指令所组成的。不同的 CPU, 其指令系统不同, 因而由不同的 CPU 所构成的计算机系统, 其机器语言也是不同的。

由于二进制代码所组成的机器语言难以理解, 使用困难, 所以人们采用了助记符来代替二进制代码, 由此产生了“汇编语言”。

汇编语言与人类的自然语言, 在语义上相差甚远, 使用起来还是困难。于是, 人们就希望能找到一种语义上与自然语言接近, 又能被计算机接受的语言, 这就产生了“高级语言”。

3. 程序

“程序”就是采用某种计算机语言, 按照其语法结构编写的一系列指令。计算机执行程序的过程, 实际上就是按照给定的程序, 一步一步执行指令的过程。

计算机只能识别机器语言编写的程序, 而用汇编语言编写的程序, 必须翻译成机器语言, 才能在计算机上运行。这个翻译过程是由“汇编程序”来完成的。用高级语言编写的程序, 也需要先把它翻译成汇编语言程序, 而后再翻译成机器语言程序, 或者直接翻译成机器语言程序, 这就需要有“翻译程序”。

翻译程序有两种: 一是“编译程序”, 先将用户程序翻译成机器语言程序(形成目标程序), 然后执行; 二是“解释程序”, 边翻译边执行(不形成目标程序)。

4. 现代计算机解决问题的过程

现代计算机解决问题的一般过程如图 1-1 所示。

① 用高级语言编写程序(上机前的准备工作)。

一般包括三个步骤:

- 建立数学模型。
- 确定计算方法。
- 编制程序。

② 将程序与数据输入计算机, 由机内的翻译程序将其翻译成机器语言程序, 再保存在计算机的存储器中。

③ 计算机运行程序, 输出结果。

5. 计算机系统的结构、组成与实现

(1) 计算机系统的结构

指汇编语言级的程序员所能了解的计算机的属性, 即外特性。一般包含以下几个方面:

① 数据表示:

硬件能够直接识别和处理的数据类型及其表示格式。例如一般的计算机都能识别处理小数、整数、实数、布尔数、字符等。

目前的通用机、大型机或功能很强的机器, 还可以直接识别处理数组向量、表、阵列等。

② 寄存器的定义、数量、使用方式:

汇编程序员在编程时必须了解可编程的寄存器, 包括通用寄存器组、变址寄存器、控制用

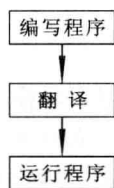


图 1-1 现代计算机解决问题的一般过程

标志寄存器、程序状态字及其他专用寄存器。

早期的计算机只有少量的寄存器组，如 PDP-11/15，只有 8 个通用寄存器，而 80386 除了有 16 个通用和专用的寄存器之外，还有一组段描述符寄存器部件，精简指令系统 RISC II 机中具有 138 个寄存器。

③ 指令系统：

指令系统包括指令的种类，指令格式，各种寻址方式以及指令的控制机构。指令是计算机硬件所能完成的功能。

④ 中断系统：

包括中断的种类、中断分级、中断处理程序的功能和入口地址。

⑤ 存储系统：

包括各级存储器的编址方式、主存容量、存储系统的结构。

⑥ 输入/输出结构：

包括 I/O 与 CPU、主存的信息传送方式、设备的访问方式，I/O 的数据传送量及出错指示等。

⑦ 机器工作状态：

指目标状态（用户状态）与管理状态（系统状态）的定义与切换。

⑧ 信息保护：

指保护方式、硬件对信息保护的支持。

（2）计算机系统的组成

计算机系统的组成是指计算机系统结构的逻辑实现，包括机器内数据流和控制流的组成及逻辑设计。主要解决机器各事件的排序方式与控制机构，各部件的功能及相互间的关系。计算机组成的主要目标是如何提高性能，降低价格，如提高操作的并行度、重叠度，部件的充分应用等。

具体包括以下几方面：

① 数据通路的宽度：

数据总线上可以一次并行传送的信息位数，如 8 位、16 位、32 位等。

② 专用部件的设置：

为某种目的设置的专用部件，如提高处理能力设置乘除专用部件、浮点专用部件、字符处理部件、地址运算部件等。

③ 各功能部件、操作部件的并行度和共享程度，如各部件是否串行、重叠、流水，各种不产生冲突的操作是否并行等。

④ 控制机构的组成方式：

指令控制采用硬接线逻辑控制还是采用微程序控制，是否采用多处理器或多功能部件。

⑤ 缓冲技术、排队技术的采用，决定采用哪些缓冲器及各种线性堆栈。

⑥ 可靠性技术的采用和方式的选择。

⑦ 预估、预判、优化处理。

（3）计算机系统的实现

计算机系统的实现是指计算机逻辑设计后的物理实现，包括处理器、主存部件的物理结构，器件的集成度、速度的选择，模块、插件、底板的划分与连接，电源，冷却，以及整机的装配技术等。

（4）计算机系统的结构、组成与实现之间的关系

计算机系统的结构、组成与实现是三个完全不同的概念，相互间有着十分密切的依赖关系

和相互影响。但所要解决的问题、采用的技术和方法又十分不同。

例如：指令系统中包含哪些指令是“结构”设计时应决定的问题。而指令的执行，以及指令操作的时序是“组成”应解决的问题，而实现这些逻辑关系采用的器件及具体的电路与模块插件的装配又是“实现”中应完成的。

又如：主存储器的容量与编址方式是在结构设计时决定，但是否采用多体交叉存储器又是计算机组成的任务。

由此可看出同一种计算机系统结构可以有多种逻辑组成的方案，而同一种逻辑组成又可以有多种不同的物理实现方法，前者是后者的依据，后者又是前者的基础，一种先进的实现技术将对结构与组成产生巨大的影响。

还应说明的是以上所定义系统结构、组成和实现的概念及其所包含的具体内容是相对的，不是一成不变的。由于计算机技术是正在飞速发展的学科，随着新技术新机种的不断出现，上述的一些概念也相应地产生变化。

例如：高速缓冲存储器一般做为系统组成的内容，信息的地址转换与替换全部由硬件自动完成，因此对机器语言级的程序员来说是透明的。然而有的机器中设置了高速缓存的管理指令，程序员可以参与高速缓存的管理，这就成了系统结构的内容。另外由于超大规模集成电路（VLSI）的迅速发展，集成度越来越高，一块芯片中可以包括有多个处理器，就使系统结构的设计内容还要考虑多处理机的问题。除了上述的定义之外，还应包括功能模块的设计。也就是说计算机系统结构、组成与实现之间的界限随技术的发展也会不断变化。

1.2 计算机发展简史

1. 世界上第一台计算机与冯·诺依曼（von Neumann）结构

世界上的第一台计算机是美国宾夕法尼亚大学在 1943—1946 年研制的电子数字积分和计算机（ENIAC），主要用于新武器中弹道问题的许多复杂计算。

这台计算机非常庞大，共用了 1.8 万个电子管，1 500 个继电器，占地 170 m²，功率 140 kW，每秒可进行 5000 次加法运算。

ENIAC 有两个主要缺点：一是存储容量太小，只能存储 20 个字长 10 位的十进制数；二是用线路连接的方法来编排程序，要改变程序就得靠人工来改变接线，准备时间远远多于运行时间。

与 ENIAC 机同时，冯·诺依曼与莫尔小组合作研制了 EDVAC 计算机，这台计算机虽然不是世界上的第一台计算机，但却采用了存储程序的方案，为现代计算机的设计奠定了基础。

一般认为，冯·诺依曼计算机具有以下基本特点：

- ① 计算机的硬件由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备构成。
- ② 程序预先存放在存储器中，计算机工作时能自动高速地从存储器中取出指令和数据加以执行。
- ③ 数据采用二进制码表示。
- ④ 指令由操作码和操作数（也称为地址码）组成。
- ⑤ 指令按执行的顺序存放在存储器中，由程序指针 PC 指明要执行的指令所在的位置。
- ⑥ 以运算器为中心，I/O 设备和存储器之间的数据传送都通过运算器。

现代计算机对冯·诺依曼结构做了很多改革，特别是不再以运算器为中心，而是以存储器为中心，但总的原则仍遵循冯·诺依曼思想，所以习惯上仍称为冯·诺依曼计算机。

2. 计算机发展的四个阶段

根据计算机所采用的物理器件的发展，一般将计算机的发展划分成四个阶段，习惯上称为四代。

第一代：电子管计算机时代（1946年至20世纪50年代后期）。

主要特点：采用电子管作为基本器件。

主要应用：军事与国防尖端技术的计算需要。

20世纪50年代中期，崛起了IBM公司。

主导产品：IBM650（小型机），1954年12月。

IBM709（大型机），1958年11月。

第二代：晶体管计算机时代（20世纪50年代后期至60年代中期）。

主要特点：采用晶体管作为主要器件，缩小了体积，降低了功耗，提高了速度和可靠性，且降低了价格。

主要应用：不仅应用于军事与国防尖端技术，而且在气象、工程设计、数据处理和其他科学研究等领域也得到了应用。

这一时期，崛起了控制数据公司（CDC）。

主导产品：CDC6600，高速大型计算机系统，1964年。

CDC7600，超大型计算机系统，1969年1月。

平均速度达每秒4万次浮点运算。

第三代：集成电路计算机时代（20世纪60年代中期至70年代前期）。

主要特点：采用集成电路作为基本器件，使功耗、体积、价格进一步下降，而速度和可靠性相应提高，从而使计算机的应用领域进一步扩大。

主导产品：IBM360系统是最早采用集成电路的计算机，也是影响最大的第三代计算机，其突出特点是提出了“通用化”“系列化”和“标准化”的思想。

通用化：指令系统丰富，兼顾科学计算、数据处理和实时控制三个方面。

系列化：指同一系列中各档机器采用相同的系统结构，使之在指令系统、数据格式、字符编码、中断系统、控制方式、I/O操作方式等方面保持统一，从而保证程序兼容。

标准化：采用标准的I/O接口，使得各种机型的外围设备是通用的。

第四代：大规模集成电路计算机时代。

随着大规模集成电路的迅猛发展，计算机进入了大发展时期。通用机、巨型机、小型机、微型机、工作站都得到了发展。

通用机（大型机）：曾是计算机工业中价值比重最大的产品，其中IBM370系统影响最大。

IBM370是在IBM360的基础上改造的，由于IBM公司在IBM360系统的软件开发上花费了巨大的人力和财力，所以在IBM370系统的开发上充分考虑了软件兼容问题。继IBM370以后，IBM公司开发的IBM303X和IBM4300系列计算机也都与IBM370兼容。

其他计算机厂家看到了软件兼容的好处，在发展新机种时也都遵循兼容的原则。某些计算机厂家还走上了与IBM兼容的道路，它们按照IBM系列机的系统结构来制造主机，并直接引用IBM计算机的软件，从而使产品的性价比更优于IBM的原装机，以争夺市场。

3. 计算机发展时期的时代特征

1946—1975 年，第一个 30 年，是主机时代，很多人共用一台计算机，这个时期是计算机发展的成长期。

1976—2005 年，第二个 30 年，是 PC 时代，一人一台计算机，这个时期是计算机发展的成熟期。

2006 年开始了第三个 30 年，计算机进入了普适时代，一人可以使用多台计算机。普适计算又称普存计算、普及计算（Pervasive Computing 或者 Ubiquitous Computing）这一概念强调和环境融为一体的计算，而计算机本身则从人们的视线里消失。在普适计算的模式下，人们能够在任何时间、任何地点、以任何方式进行信息的获取与处理。计算机发展时期的时代特征如图 1-2 所示。

计算机发展时期的计算特征如图 1-3 所示。

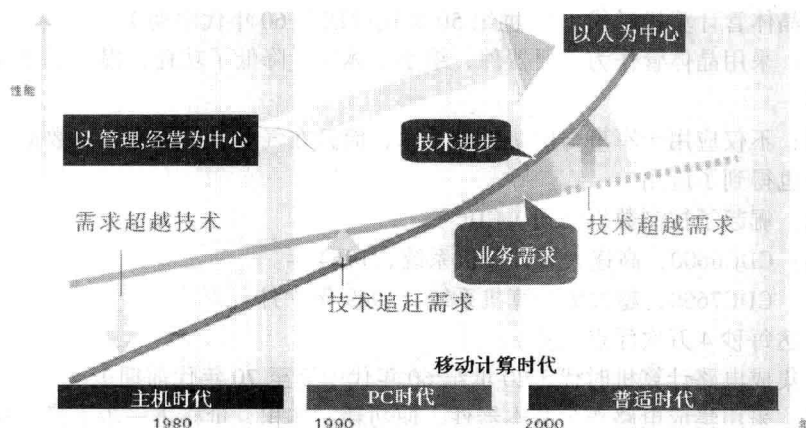


图 1-2 计算机发展时期的时代特征

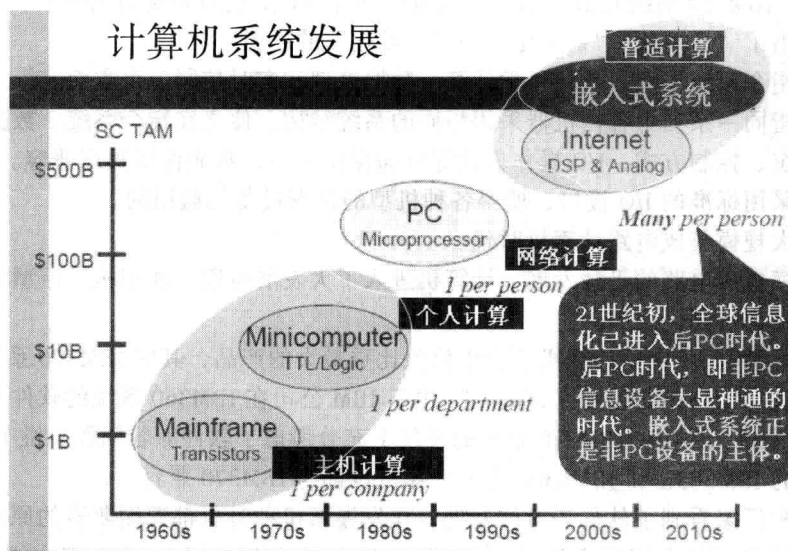


图 1-3 计算机发展时期的计算特征