

高等院校应用型本科“十三五”规划教材·计算机类

# 计算机组成原理

JISUANJI ZUCHENG YUANLI

▶ 主编 方辉云 何苗 陈琛



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

高等院校应用型本科“十三五”规划教材·计算机类

# 计算机组成原理

JISUANJI ZUCHENG YUANLI

► 主 编 方辉云 何 苗 陈 琛

► 副主编 金大卫 李双星 宋 洁



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

## 内 容 简 介

本书分为8章,介绍计算机系统、计算机数据表示、数字逻辑基础、运算方法和运算器、指令系统、中央处理器、存储系统、总线及I/O系统等知识。

本书有别于计算机专业的计算机组成与结构方面的教材。本书内容通俗易懂、条理清晰,知识方面又有一定的深度和广度,内容以现代应用为主,适合作为管理科学与工程类各专业,应用型本科与专科、高等职业院校的相关专业教材,同时可作为开发现代信息系统的IT工程技术人员的业务参考书,具有与信息管理与信息系统相适应的先进性和系统性。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/方辉云,何苗,陈琛主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.2  
ISBN 978-7-5680-1578-3

I. ①计… II. ①方… ②何… ③陈… III. ①计算机组成原理-高等学校-教材 IV. ①TP301

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第040202号

### 计算机组成原理

Jisuanji Zucheng Yuanli

方辉云 何苗 陈琛 主编

策划编辑:曾光

责任编辑:狄宝珠

封面设计:龙文装帧

责任校对:刘竣

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录排:武汉正风天下文化发展有限公司

印刷:武汉鑫昶文化有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:17.5

字数:480千字

版次:2016年2月第1版第1次印刷

定 价:45.00元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 前言

## PREFACE

计算机科学与技术是一门发展迅速、更新飞快的学科。通过本书的学习,学生能掌握计算机的基本组成结构和工作原理,为学习计算机科学与技术方面的后续课程和应用计算机有关知识解决本专业及相关领域的问题打下良好的基础。

本书凝聚了多位长期从事高校教学的教师的心血。本书内容是在不断更新、不断充实、不断完善的基础上形成的,体现了与时俱进的思想,力求内容新颖、知识全面、概念准确、通俗易懂、实用性强、适应面广。另外,我们在编写过程中从有利于提高学生的实际动手能力的要求出发,兼顾理论与实践,为培养应用型专业人才服务。

全书分8章,内容包括计算机系统、计算机数据表示、数字逻辑基础、运算方法和运算器、指令系统、中央处理器、存储系统、总线及I/O系统,较全面地介绍了计算机原理与组织结构。

本书由武汉学院方辉云、何苗和空军预警学院基础部陈琛主编,中南财经政法大学信息与安全工程学院金大卫、河南大学李双星、常州轻工职业技术学院宋洁担任副主编。参加编写的有何友鸣、李进、王中婧、张永进、郭小清。此外,武汉学院强静仁、徐旋、胡仁、刘胜艳、鲁星、刘阳、韩杰、冯浩、王静、甘霞、徐冬、赵清强、肖莹慧、庄超、李亮,以及肖家清、江彦霏、徐文、雷顺妮、陶媛、甘小武、谢辉、路璐等,一直关心和照应我们,谢谢你们。

本书的主要特点如下:

- (1) 基础理论知识的阐述由浅入深、通俗易懂、逻辑性强;
- (2) 有别于纯计算机专业的教材,适合作为管理科学与工程类专业,特别是信息、软件工程、网络工程、物联网等专业的课程教材,以及IT行业从业人员的业务参考书;
- (3) 重点是满足应用型专业教学的要求,满足高职高专教学的要求;
- (4) 具有与软件工程、网络工程、物联网、电子商务等专业相适应的先进性与系统性;
- (5) 为了帮助学生加深对计算机硬件基础理论知识的理解,培养学生实际

动手能力,各章都配有相应的例子、思考题与习题。

本书对从事计算机科学与技术及其相关专业课程教学的教师来说,也是一本极好的参考书。

我们要特别感谢在本书的编写和出版过程中给予支持、帮助的朋友们和领导们,感谢武汉学院教务科研部、华中科技大学出版社的朋友们和领导们,感谢大家的鼎力帮助。

由于水平有限,时间也很仓促,错误、不足和疏漏之处亦在所难免。在此衷心希望所有读者能帮助我们,也竭诚希望得到计算机教育界、计算机原理、组织结构课程教学方面的大师和同仁们的帮助!

在学校近5年的任职和教学中,我们编写了9部专业教材,使这个专业类的教材建设从无到有、从落后到跟上形势,我们感到欣慰!这与我们那些挚友们精神上的鞭策和鼓励是分不开的。胡端兵、张丽雅、明道斌、蔡俊华……亲爱的朋友们,谢谢你们!

最后,由衷地感谢使用本书的师生及朋友!预祝你们教、学成功!

编者

2016年初于武汉学院

# 目 录

## CONTENTS

第1章 计算机系统	(1)
1.1 计算机的产生和发展	(1)
1.1.1 发展经历	(1)
1.1.2 新一代计算机	(2)
1.1.3 发展方向	(3)
1.2 计算机的分类及应用	(4)
1.2.1 计算机的分类	(4)
1.2.2 计算机的应用	(4)
1.3 计算机的硬件系统	(5)
1.3.1 体系结构	(5)
1.3.2 主要部件	(6)
1.3.3 性能指标	(11)
1.4 计算机的软件系统	(12)
1.4.1 系统软件	(12)
1.4.2 应用软件	(13)
1.4.3 计算机语言	(13)
思考题与习题	(17)
第2章 计算机数据表示	(18)
2.1 数值数据的表示	(18)
2.1.1 进位计数制及互相转换	(18)
2.1.2 原码、反码和补码的表示	(23)
2.2 非数值数据的表示	(27)
2.2.1 信息编码	(27)
2.2.2 字符数据	(27)
2.2.3 逻辑数据	(28)
2.2.4 汉字的表示方法	(29)
2.2.5 语音的表示方法	(31)
2.2.6 图像的表达方法	(31)

2.2.7	图形的表示方法	(32)
2.3	校验	(32)
2.3.1	奇偶校验码	(32)
2.3.2	海明校验码	(32)
2.3.3	循环冗余校验码	(33)
	思考题与习题	(36)
<b>第3章</b>	<b>数字逻辑基础</b>	<b>(38)</b>
3.1	逻辑代数初步	(38)
3.1.1	逻辑代数的基本运算	(38)
3.1.2	逻辑代数的运算法则	(42)
3.1.3	逻辑表达式的化简	(43)
3.2	逻辑电路	(44)
3.2.1	3种基本逻辑电路	(44)
3.2.2	4种组合逻辑电路	(46)
3.3	触发器	(48)
3.3.1	R-S触发器	(49)
3.3.2	D触发器	(49)
3.3.3	J-K触发器	(51)
3.4	加法器	(52)
3.4.1	半加器	(52)
3.4.2	全加器	(53)
3.4.3	逐位进位加法器	(54)
3.4.4	基本的二进制加法/减法器	(54)
3.4.5	基本的十进制加法器	(54)
3.5	寄存器	(57)
3.5.1	基本寄存器	(57)
3.5.2	移位寄存器	(58)
3.6	计数器	(60)
3.6.1	行波计数器	(60)
3.6.2	同步计数器	(61)
3.6.3	环形计数器	(61)
3.6.4	程序计数器	(62)
3.7	累加器	(62)
	思考题与习题	(62)
<b>第4章</b>	<b>运算方法和运算器</b>	<b>(64)</b>
4.1	定点加减法运算	(64)
4.1.1	原码加法运算	(64)
4.1.2	补码加法运算	(65)
4.1.3	补码减法运算	(67)
4.1.4	补码加法、减法运算规则和实例	(68)
4.1.5	反码加法、减法运算	(69)

4.1.6	溢出判断与检测	(69)
4.1.7	定点加减法的实现	(71)
4.2	移位运算	(72)
4.2.1	逻辑移位	(72)
4.2.2	循环移位	(72)
4.2.3	算术移位	(73)
4.2.4	使用注意	(74)
4.3	定点乘法运算	(76)
4.3.1	定点原码一位乘	(76)
4.3.2	定点原码一位乘相加算法	(77)
4.3.3	定点原码一位乘的实现	(82)
4.3.4	定点补码一位乘	(82)
4.3.5	定点补码一位乘的实现	(87)
4.4	定点除法运算	(87)
4.4.1	原码一位除法	(87)
4.4.2	补码一位除法	(94)
4.5	浮点算术运算	(97)
4.5.1	浮点加法和减法	(97)
4.5.2	举例	(101)
4.5.3	浮点乘法运算	(106)
4.5.4	浮点除法运算	(106)
4.6	逻辑运算	(107)
4.6.1	非运算	(107)
4.6.2	与运算	(107)
4.6.3	或运算	(107)
4.6.4	异或运算	(108)
4.7	运算器的组成和结构	(108)
4.7.1	加法器	(108)
4.7.2	多功能算术/逻辑运算单元	(109)
4.7.3	运算器的基本结构	(113)
	思考题与习题	(115)
第5章	指令系统	(116)
5.1	计算机的指令系统	(116)
5.1.1	指令集	(116)
5.1.2	指令格式	(116)
5.2	指令结构及分类	(120)
5.2.1	CISC 和 RISC	(120)
5.2.2	常规指令类型	(121)
5.3	寻址	(124)
5.3.1	寻址的概念	(125)
5.3.2	寻址方式	(125)



(101) 5.3.3 操作数的寻址方式 .....	(126)
(102) 思考题与习题 .....	(132)
<b>第6章 中央处理器 .....</b>	<b>(133)</b>
(103) 6.1 中央处理器的功能和组成 .....	(133)
(104) 6.1.1 中央处理器的功能 .....	(133)
(105) 6.1.2 中央处理器的组成 .....	(134)
(106) 6.1.3 运算器 .....	(136)
(107) 6.1.4 控制器 .....	(136)
(108) 6.1.5 组成 CPU 的三部件 .....	(137)
(109) 6.2 指令周期 .....	(138)
(110) 6.2.1 预备知识 .....	(138)
(111) 6.2.2 指令周期的基本概念 .....	(138)
(112) 6.2.3 非访内指令的指令周期 .....	(140)
(113) 6.2.4 直接访内指令的指令周期 .....	(142)
(114) 6.2.5 间接访内指令的指令周期 .....	(144)
(115) 6.2.6 程序控制指令的指令周期 .....	(146)
(116) 6.3 组合逻辑控制器 .....	(147)
(117) 6.3.1 组合逻辑控制器的原理 .....	(147)
(118) 6.3.2 组合逻辑控制器举例 .....	(149)
(119) 6.4 微程序控制器 .....	(151)
(120) 6.4.1 微程序逻辑控制器的基本思想 .....	(151)
(121) 6.4.2 微程序设计的几个基本概念 .....	(152)
(122) 6.4.3 微指令控制字段的组合方法 .....	(153)
(123) 6.4.4 微指令下地址控制字段设计方法 .....	(154)
(124) 6.4.5 微指令的执行过程 .....	(155)
(125) 6.5 PLA 控制器 .....	(155)
(126) 6.5.1 PLA 的基本原理 .....	(155)
(127) 6.5.2 PLA 控制器 .....	(156)
(128) 6.6 CPU 的设计 .....	(157)
(129) 6.6.1 设计原则 .....	(157)
(130) 6.6.2 设计指导思想 .....	(157)
(131) 6.6.3 硬布线控制器设计 .....	(161)
(132) 6.6.4 微程序设计 .....	(162)
(133) 6.6.5 微程序设计与硬布线逻辑设计的比较 .....	(166)
(134) 6.6.6 流水线技术 .....	(167)
(135) 6.7 多核处理器 .....	(169)
(136) 6.7.1 概念 .....	(169)
(137) 6.7.2 多核处理器结构 .....	(170)
(138) 思考题与习题 .....	(171)
<b>第7章 存储系统 .....</b>	<b>(172)</b>
(139) 7.1 基础知识 .....	(172)

7.1.1	存储器与存储系统	(172)
7.1.2	存储器的作用和性能指标	(173)
7.1.3	存储器的分类	(174)
7.2	存储器组成结构	(177)
7.2.1	主存储器	(177)
7.2.2	半导体存储器	(178)
7.2.3	多体交叉存储器和双端口存储器	(183)
7.2.4	外存储器	(184)
7.2.5	虚拟存储器	(189)
7.2.6	高速缓冲存储器	(192)
7.2.7	虚拟存储和 Cache	(198)
7.3	存储器的分级结构	(198)
7.3.1	层次体系结构的概念	(198)
7.3.2	主存-辅存层次	(199)
7.3.3	高速缓存-主存-辅存层次	(199)
7.3.4	多级存储系统	(200)
7.4	存储器阵列和存储器操作	(201)
7.4.1	存储器阵列	(201)
7.4.2	地址译码操作	(202)
7.4.3	存储器的读写操作	(205)
7.5	存储器芯片的组合	(206)
7.5.1	存储器芯片的内部组织	(206)
7.5.2	存储器芯片的组合	(207)
7.5.3	位并联	(208)
7.5.4	字串联	(208)
7.5.5	字位同时扩展	(209)
7.5.6	需求芯片的计算	(209)
7.5.7	存储器芯片组合设计示例	(209)
7.5.8	地址复用技术	(212)
	思考题与习题	(212)
<b>第 8 章</b>	<b>总线及 I/O 系统</b>	<b>(214)</b>
8.1	总线概述	(214)
8.1.1	总线的基本概念	(214)
8.1.2	微型计算机总线的层次结构	(216)
8.1.3	总线性能指标	(216)
8.2	总线的组成结构和物理实现	(218)
8.2.1	总线的组成	(218)
8.2.2	总线的结构	(218)
8.2.3	内部总线和外部总线	(220)
8.2.4	单向传送总线和双向传送总线	(220)
8.2.5	总线的数据传送方式	(221)

8.2.6	总线的物理实现 .....	(222)
8.3	总线仲裁和总线通信 .....	(223)
8.3.1	总线仲裁的意义 .....	(223)
8.3.2	总线仲裁的方式 .....	(223)
8.3.3	错误检测 .....	(225)
8.3.4	总线定时 .....	(226)
8.3.5	总线通信 .....	(226)
8.4	总线接口和总线标准 .....	(228)
8.4.1	总线接口 .....	(228)
8.4.2	接口的分类 .....	(229)
8.4.3	总线标准 .....	(230)
8.5	I/O 系统 .....	(231)
8.5.1	I/O 设备 .....	(232)
8.5.2	I/O 接口 .....	(242)
8.5.3	编程控制的输入/输出 .....	(245)
8.5.4	程序中中断方式 .....	(248)
8.5.5	DMA 方式 .....	(255)
8.5.6	通道方式 .....	(261)
8.5.7	输入/输出处理器 .....	(265)
8.5.8	输入/输出系统的发展 .....	(266)
	思考题与习题 .....	(267)
	参考文献 .....	(269)

# 第1章 计算机系统

## 【内容提要】

本章讲述剖析计算机组织结构中所涉及的相关基础知识。

本章主要对计算机的发展、应用做了简单的概述,并重点介绍了计算机硬件、软件、计算机语言及计算机系统的总线结构与层次结构。

## 1.1 计算机的产生和发展

### 1.1.1 发展经历

电子计算机是20世纪的先进科学技术成果之一。早在1940年,美国数学家冯·诺依曼最先提出了以二进制和程序控制为基础的计算机结构体系的设想,1946年美国依据这个计算机结构体系设计思想,研制出第一台电子数字积分计算机ENIAC。从第一台计算机诞生起,至今已进入一个新的世纪,计算机的发展已经经历了四代。

第一代(1946—1957年):电子管时代。

在这一时期,计算机的主要特点是采用电子管作为基本元件,程序设计使用机器语言或汇编语言来进行科学和工程计算,运算速度每秒几千次至几万次。这一时期计算机的应用领域主要在科学和工程的计算。

第二代(1958—1964年):晶体管时代。

这一时期的计算机与第一代计算机相比有很大改进,计算机的逻辑元件采用晶体管,存储器采用磁芯和磁鼓,内存容量得到扩大。晶体管比电子管平均寿命长100~1000倍,耗电却只有电子管的十分之一,体积比电子管小一个数量级,运算速度明显提高,每秒可以执行几万次到几十万次的加法运算,机械强度较高。晶体管计算机由于具备这些优点,所以很快取代了电子管计算机,并开始成批生产。在这个时期,系统软件出现了监控程序,出现了操作系统概念,出现了高级语言,如FORTRAN、ALGOL 60等。

第三代(1965—1971年):集成电路计算机时代。

这一时期计算机的逻辑元件采用集成电路。这种器件把几十个或几百个分立的电子元件集中制作在一块几平方毫米的硅片上(称为集成电路芯片),使计算机的体积减小和耗电大大减少,运算速度却大大提高,每秒钟可以执行几十万次到一百万次的加法运算,性能进一步提高,稳定性增强。

在这个时期,系统软件有了很大发展,出现了分时操作系统和会话式语言,采用结构化程序设计方法,为研制复杂的软件提供了技术保证。

第四代(1972年至今):大规模集成电路时代。

从20世纪70年代末期开始出现超大规模集成电路(VLSI),在一个小硅片上容纳相当于几万个到几十万晶体管的电子元件。这些以超大规模集成电路构成的计算机日益小型化和微型化,应用和发展的更新速度更加迅猛,产品覆盖巨型机、大/中型机、小型机、工作站和微型计算机等各种类型。

在这个时期,操作系统不断完善,应用软件已成为现代工业的一部分,计算机的发展进

入了以计算机网络为特征的时代。

目前使用的计算机都属于第四代计算机。从20世纪80年代开始,发达国家开始研制第五代计算机,研究的目的是能够打破以往计算机固有的体系结构,使计算机能够具有像人一样的思维、推理和判断能力,向智能化发展,实现接近人的思考方式。

### 1.1.2 新一代计算机

新一代计算机,即智能电子计算机,正处在设想和研制阶段。

它是一种有知识、会学习、能推理的计算机,具有能理解自然语言、声音、文字和图像的能力,并且具有说话的能力,使人机能够用自然语言直接对话,它可以利用已有的和不断学习到的知识,进行思考、联想、推理,并得出结论,能解决复杂问题,具有汇集、记忆、检索有关知识的能力。智能计算机突破了传统的诺依曼式机器的概念,舍弃了二进制结构,把许多处理机并联起来,并行处理信息,速度大大提高。它的智能化人机接口使人们不必编写程序,只需发出命令或提出要求,计算机就会完成推理和判断,并且给出解释。1988年,世界上召开了第五代电脑国际会议。1991年,美国加州理工学院推出了一种大容量并行处理系统,用528台处理器并行进行工作,其运算速度可达到每秒320亿次浮点运算。

新一代计算机把信息采集、存储处理、通信和人工智能结合在一起。也就是说,新一代计算机由以处理数据信息为主,转向以处理知识信息为主,如获取、表达、存储及应用知识等,并有推理、联想和学习等人工智能方面的能力(如理解能力、适应能力、思维能力等),能帮助人类开拓未知的领域和获取新的知识。

从本质上来说,新一代计算机所采用的基本元器件仍然未超出第四代计算机采用的元器件的范畴,即仍然采用超大规模的集成电路。但是随着技术的创新和发展,一些采用新材料和新概念的计算机也陆续出现,有的甚至开始走出实验室进入到应用领域。例如:神经网络计算机、超导计算机、光子计算机、生物计算机和量子计算机等。

光子计算机是利用光子取代电子,通过光纤进行数据传输、运算和存储。在光子计算机中,用不同波长的光表示数据,这远胜于电子计算机中通过电子“0”“1”状态变化进行的二进制运算,可以对复杂度高、计算量大的任务实现快速并行处理。光子计算机将使运算速度在目前的基础上呈指数级提升。光子计算机有以下优势:光子不带电荷,它们之间不存在电磁场相互作用;超高速的运算速度;超大规模的信息存储容量和信息传输能力;能量消耗小,散发热量低,是一种节能型产品。

神经网络计算机是用许多微处理器模仿人脑的神经元结构,采用大量的并行分布式网络所构成的计算机。神经网络计算机除了有许多处理器外,还有类似神经的节点,每个节点与许多点相连。如果把每一步运算分配给每一台微处理器,使它们同时运算,那么信息处理速度和智能化程度将会大大提高。

量子计算机是一种遵循量子力学规律进行高速数学和逻辑运算、存储及处理量子信息的物理装置。在量子计算机中,基本信息单位是量子比特,运算对象是量子比特序列。传统计算机和量子计算机之间的关键的区别:传统计算机遵循着众所周知的经典物理规律,而量子计算机则遵循着独一无二的量子动力学规律来实现信息处理。迄今为止,世界上还没有真正意义上的量子计算机。但是量子计算机使计算的概念焕然一新,这是与其他计算机如光子计算机和生物计算机的不同之处,其作用远不止解决一些经典计算机无法解决的问题。

超导计算机是利用超导材料制成的超导开关和超导存储器,再利用这些元器件制成的计算机。超导计算机的性能卓越。目前制成的超导开关的开关速度已达到 $10^{-12}$ 秒(皮秒)

的水平。超导计算机的运算速度比现在的电子计算机的运算速度快 100 倍,而电能消耗仅是现在的电子计算机的千分之一。也就是说,如果目前有一台大中型计算机,每小时耗电 10 kW,那么,同样一台超导计算机只需一节干电池就可以工作。

生物计算机是人类利用遗传工程技术,仿制出用某些蛋白质分子作为元件的计算机。生物计算机有很多优点,主要表现为体积小、功效高。在 1 平方毫米的面积上,可容纳几亿个电路,比目前的集成电路小得多,用它制成的计算机如同人类的身体一样具有创伤自动愈合功能,当生物计算机的内部芯片出现故障时,不需要人工修理,能自我修复,所以,生物计算机具有永久性和很高的可靠性。生物计算机的元件是由有机分子组成的生物化学元件,它们是利用化学反应工作的,所以只需要很少的能量就可以工作,而它的电路间也没有信号干扰。

### 1.1.3 发展方向

未来,计算机将向以下几个方向发展。

#### 1. 巨型化

巨型化是指计算机的运算速度更快、存储容量更大、功能更强。例如目前正在研制的超级计算机。

#### 2. 微型化

微型计算机已进入仪器、仪表、家用电器等小型仪器设备中,同时也作为工业控制过程的“心脏”,使仪器设备实现“智能化”。随着微电子技术的进一步发展,笔记本型、掌上型等微型计算机必将以更优的性价比受到人们的欢迎。

#### 3. 网络化

随着计算机应用的深入,特别是家用计算机越来越普及,一方面希望众多用户能共享信息资源,另一方面也希望各计算机之间能互相共享、传递信息进行通信。计算机网络是现代通信技术与计算机技术相结合的产物。计算机网络已在现代企业的管理中发挥着越来越重要的作用。

#### 4. 智能化

计算机人工智能的研究建立在现代科学基础之上。智能化是计算机发展的一个重要方向,新一代计算机在一定程度上可以模拟人的感觉行为和思维过程,具有一定的逻辑推理、学习与证明的能力。

随着计算机硬件的发展,计算机软件技术也在不断进步,因此也可用软件的发展来划分计算机的发展阶段。以计算机语言为例,第一代使用机器语言,每条指令都由二进制码 0 和 1 组成,编程麻烦、容易出错、效率很低,程度很难被人们记住;第二代汇编语言,用符号编程,比机器语言方便,但仍然和具体机器的指令系统有关,也比较烦琐;第三代语言,即所谓高级语言。20 世纪 50 年代初陆续出现的为数众多的高级语言为计算机的推广应用开辟了广阔前景,著名的高级语言有 ALGOL、FORTRAN、COBOL、BASIC、PASCAL、C 等。这些语言类似于日常使用的数学和语言表达形式,编程、理解和记忆都很方便,且源程序不受机型限制。近年来出现了所谓第四代语言(4GL)以及所谓面向对象的语言。集成的模块化语言有更强的编程能力,如 Power Builder、Delphi 等。面向对象的语言有 C++、Java 等。计算机辅助软件工程(CASE)已超越了计算机语言的范畴,实际上是集语言、数据库等软件于一体,形成了所谓信息系统应用生成器(AG—application generator),这方面研究是当前

热门的课题。

计算机是在应用中不断发展的。应用始终是发展的动力、发展的目标和归宿。因此也可以从应用的观点来划分计算机的发展史。最早的应用是军事上的需要,如炮弹弹道计算、核武器的设计等;其次是广泛地用于科学计算和工程设计计算;第三阶段是大量用于管理。计算机应用的综合化结果必然提出智能化的要求,实际上计算机辅助高层决策时就具有了智能功能,DSS/ES 利用人工智能(AI)技术,代替人进行判断、推理,寻找最优方案,以辅助决策者决策。计算机应用的智能化不仅反映在软件上,在 21 世纪硬件智能化也将有突破性的进展。



## 1.2 计算机的分类及应用

### 1.2.1 计算机的分类

计算机的分类可以从以下几个不同方面进行。

#### 1. 按处理数据的形式划分

按处理数据的形式划分,计算机可分为数字计算机、模拟计算机以及混合电子计算机。数字计算机信息处理的形式是用二进制运算,它的结构简单,运算精度高,通用性强,是使用最广泛的一类计算机。模拟计算机用于处理连续变化的数据,如温度、流量等,运算速度快,但结构比较复杂。混合电子计算机综合了前两种计算机之长,既有数字量又有模拟量,既能高速运算,又便于存储,但这种计算机设计较难且造价昂贵。

#### 2. 按用途划分

按用途划分,计算机可分为通用计算机和专用计算机。通用计算机根据不同的计算机系列型号配有一定的存储容量和一定数量的外围设备,也配有多种系统软件,如数据库管理系统、操作系统等。这种计算机通用性强、功能全。现在提到的计算机就是指通用计算机。专用计算机功能单一,是专为解决某些特定问题而设计的计算机,因此可靠性高、成本低,结构往往比较简单,如银行系统的计算机、军事系统的某些计算机等。

### 1.2.2 计算机的应用

计算机已经广泛应用到各行各业,将其归纳为以下几个主要方面。

#### 1. 科学计算

科学计算也称为数值计算,是指用于完成科学研究和工程技术中提出的数学问题的计算。运用计算机可以解决人工无法解决的复杂计算问题,50 多年来,一些现代尖端科学技术的发展,都有赖于计算机的辅助,如卫星轨迹计算、气象预报等。

#### 2. 数据处理

数据处理也称为非数值处理或事务处理,是指对大量信息进行存储、加工、分类、统计、查询等操作。一般来说,科学计算的数据量不大,但计算过程比较复杂;而数据处理的数据量很大,但计算方法较简单。

#### 3. 过程处理

过程控制也称为实时控制,是指利用计算机及时采集检测数据,按最佳值迅速地对控制对象进行自动控制或自动调节,如对数控机床和流水线的控制。在日常生产中,有一些控制

是人们无法亲自操作的,通过计算机就可以精确地控制,利用计算机来完成那些繁重或危险的工作。

#### 4. 人工智能

人工智能是用计算机模拟人类的智能活动,如模拟人脑学习、推理、判断、理解、问题求解等过程,辅助人类进行决策,如专家系统。人工智能是计算机科学研究领域最前沿的学科,近几年来已应用于机器人、医疗诊断、计算机辅助教育等方面。

#### 5. 计算机辅助工程

计算机辅助工程是以计算机为工具,配备专用软件辅助人们完成特定任务的工作,以提高工作效率和工作质量为目标。

计算机辅助设计(CAD)技术,是综合利用计算机的工程计算、逻辑判断、数据处理功能,并将其与人的经验和判断能力结合,形成一个专门系统,用来进行各种图形设计和图形绘制,对所设计的部件、构件或系统进行综合分析模拟仿真实验。目前在汽车、飞机、船舶、集成电路、大型自动控制系统的设计中,CAD技术有愈来愈重要的地位。

计算机辅助制造(CAM)技术,是利用计算机对生产设备进行控制和管理,实现无图纸加工。

计算机基础教育(CBE),主要包括计算机辅助教学(CAI)、计算机辅助测试(CAT)和计算机管理教学(CMI)等。其中,CAI技术是利用计算机模拟教师的教学行为进行授课,学生通过与计算机的交互进行学习并自测学习效果,是提高教学效率和教学质量的新途径。近年来由于多媒体技术和网络技术的发展,推动了CBE的发展,网上教学和现代远程教育已在许多学校展开。开展CBE不仅使学校教育发生了根本变化,还可以使学生在学校里就能熟练掌握计算机的应用,培养出新世纪的复合型人才。

电子设计自动化(EDA)技术,利用计算机中安装的专用软件和接口设备,用硬件描述语言开发可编程芯片,将软件进行固化,从而扩充硬件系统的功能,增强系统的可靠性和提高运行速度。



## 1.3 计算机的硬件系统

### 1.3.1 体系结构

实际应用的计算机系统是由计算机硬件系统、软件系统以及通信网络系统组成的一个整体系统。计算机硬件系统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)、机械等物理部件组成,它们都是看得见摸得着的,故通常称为“硬件”。图1-1所示的计算机硬件结构也可称为冯·诺依曼(John Von Neumann)结构,它由五大部件组成,主机部分由运算器、控制器、存储器组成,外设部分由输入设备和输出设备组成。

由图1-1可知,计算机各部件之间的联系是通过两股信息流动而实现的,宽箭头表示数据流,窄箭头表示控制流。数据由输入设备输入至运算器,再存于存储器中,在运算处理过程中,数据从存储器读入运算器进行运算,运算的中间结果存入存储器,或由运算器经输出设备输出。指令也以数据形式存于存储器中,运算时指令由存储器送入控制器,内控制器控制各部件的工作。



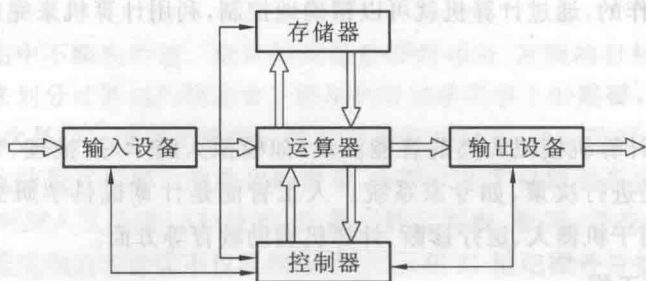


图 1-1 冯·诺依曼结构

现代计算机体系结构如图 1-2 所示,由 CPU、存储器和 I/O 三大子系统组成。

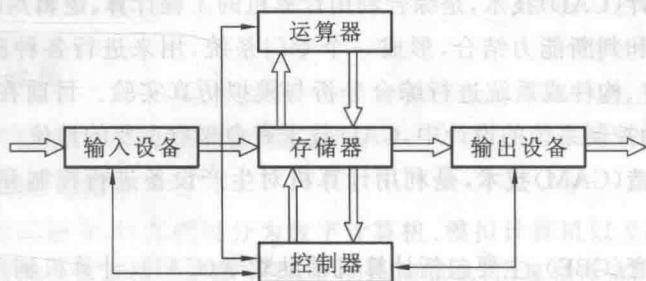


图 1-2 现代计算机体系结构

从图 1-1 和图 1-2 可以看出,这两种体系结构的不同点在于它们的 CPU 是以运算器为中心还是以存储器为中心。

现代计算机体系结构中 CPU 的组成和工作原理见图 1-3。

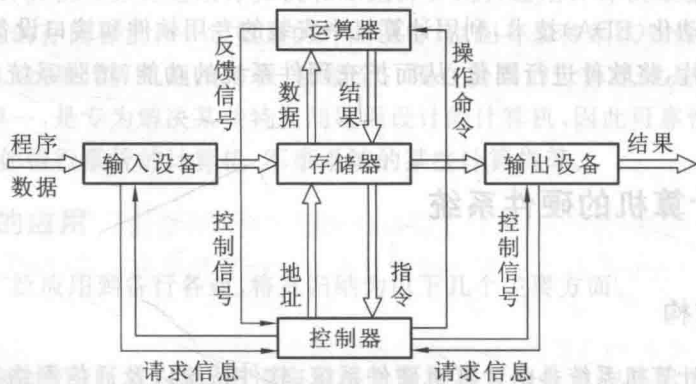


图 1-3 现代计算机体系结构中 CPU 的组成和工作原理

运算器和控制器合称为中央处理器(CPU); CPU 主要由 ALU、寄存器组和控制单元三部分组成;中央处理器和主存储器一起组成主机部分;输入设备和输出设备(I/O 设备)称为外围设备。

### 1.3.2 主要部件

#### 1. 输入/输出设备

输入/输出设备也称 I/O(input/output)设备。

将人们熟悉的信息形式转换成计算机能接收并识别的信息形式的设备是输入设备。常