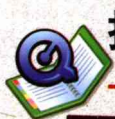


 普通高等教育计算机规划教材

# 微型计算机 原理及接口技术

赵全利 主编



提供电子教案

下载网址 <http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育计算机规划教材

# 微型计算机原理及接口技术

赵全利 主编

张险峰 吕建平 邹雪艳 等编著

机械工业出版社

全书包括微型计算机原理、汇编语言程序设计及接口技术 3 部分内容。首先概述计算机基础知识及微型计算机系统组成。然后,以 8086 CPU 为基础,详细介绍 80x86 微处理器的硬件结构、工作原理、指令系统、汇编语言及程序设计、存储器系统、输入/输出接口、中断技术及应用。最后,以常用集成可编程芯片为对象,重点介绍串行通信,并行通信,定时器/计数器, D/A 及 A/D 转换的基本原理、性能和接口应用技术。

本书通俗易懂,思路清晰,层次结构完整分明,便于教学和自学使用。书中通过大量的例题和应用实例,引导读者逐步认识、熟知、掌握微型计算机应用技术。

本书可作为高等院校电子、计算机、机械及自动化等专业的教学用书,也可作为高职高专同类专业教材或参考用书,以及各类工程技术人员的自学用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

微型计算机原理及接口技术 / 赵全利主编. —北京: 机械工业出版社, 2009.3

(普通高等教育计算机规划教材)

ISBN 978-7-111-26277-0

I. 微… II. 赵… III. ①微型计算机-理论-高等学校-教材②微型计算机-接口-高等学校-教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 020367 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 张宝珠

责任印制: 乔 宇

北京双青印刷厂印刷

2009 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·20.25 印张·499 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-26277-0

定价: 33.00 元

凡购本书,如有缺页,倒页,脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294 68993821

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379753 88379739

封面防伪标均为盗版

# 出版说明

信息技术是当今世界发展最快、渗透性最强、应用最广的关键技术，是推动经济增长和知识传播的重要引擎。在我国，随着国家信息化发展战略的贯彻实施，信息化建设已进入了全方位、多层次推进应用的新阶段。现在，掌握计算机技术已成为 21 世纪人才应具备的基础素质之一。

为了进一步推动计算机技术的发展，满足计算机学科教育的需求，机械工业出版社聘请了全国多所高等院校的一线教师，进行了充分的调研和讨论，针对计算机相关课程的特点，总结教学中的实践经验，组织出版了这套“普通高等教育计算机规划教材”。

本套教材具有以下特点：

- (1) 反映计算机技术领域的新发展和新应用。
- (2) 注重立体化教材的建设，多数教材配有电子教案、习题与上机指导或多媒体光盘等。
- (3) 针对多数学生的学习特点，采用通俗易懂的方法讲解知识，逻辑性强、层次分明、叙述准确而精炼、图文并茂，使学生可以快速掌握，学以致用。
- (4) 符合高等院校各专业人才的培养目标及课程体系的设置，注重培养学生的应用能力，强调知识、能力与素质的综合训练。
- (5) 适合各类高等院校、高等职业学校及相关院校的教学，也可作为各类培训班和自学用书。

机械工业出版社

# 前 言

随着计算机技术的高速发展，微型计算机应用已广泛深入到各个领域。微型计算机应用技术已成为电子信息技术的核心。

微机原理、汇编语言程序设计及接口技术是计算机科学与技术、通信工程、电气工程、机电工程及自动化等专业的必修核心课程。对于微型计算机应用领域来说，这3部分内容相关的程度更加密切。事实证明，将《微机原理》、《汇编语言程序设计》和《接口技术》并为一门课程，教学效果和效率都会有明显提高。

本书在内容结构、基本概念、选材、应用技术及实例等方面的安排，既便于循序渐进地进行教学，又可按序对以后内容进行筛选；既便于学生自学，又很大程度上减少了教材内容的冗余度。

本书以微型计算机基本原理为基础，以应用为主要目的，结合高等教育各专业的特点，其内容包括：第1章介绍计算机基础知识及微型计算机系统组成；第2章以8086 CPU为基础，介绍80x86微处理器的硬件结构、工作原理；第3、4章介绍80x86 CPU的汇编指令系统、汇编语言及汇编语言程序设计；第5章介绍存储器原理、层次结构、与CPU接口及存储系统设计；第6章介绍输入/输出接口、中断技术及DMAC、中断控制器芯片的应用；第7~10章以常用集成电路可编程芯片为对象，详细介绍串行通信，并行通信，定时器/计数器，D/A及A/D转换的基本原理、性能及接口应用技术。

本书概念清楚，注重知识的内在联系与规律，采用归纳、类比的方法，目的是使读者通过本书的学习掌握微型计算机的结构原理、汇编语言程序设计及接口应用系统的组成与设计方法，并能够解决微型计算机在自身设置、工业控制、电子技术系统开发等方面的一些实际问题。为了便于读者理解、掌握本书的内容，并启发学生的应用技能，每章均配有大量的例题与习题。

为了配合本书的教学，我们为读者免费提供了电子教案及习题部分参考答案。读者可到机械工业出版社网站（[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)）上下载。

本书可作为高等学校电子、计算机、机械、机电、自动控制等类专业的“微型计算机原理、汇编语言程序设计、接口技术”课程的教学或参考用书，也可作为高职高专相关专业的教学用书。同时也可供从事微型计算机应用技术的工程技术人员阅读、参考。

本书由赵全利主编，张险峰、吕建平、邹雪艳、马广卿等编著。参加本书编写工作的还有秦春斌、袁红斌、宫德龙、刘绍宁、肖兴达、王晓婷、巩义云、刘强、彭守旺、杨伟锋、王利娟、刘婕、李瑛、王勇、彭春芳、庄建新、李建彬、马春锋、侯元元、李晶、王磊、陈刚、刘大明。全书由赵全利统稿，刘瑞新审校。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

作 者

# 目 录

出版说明

前言

<b>第 1 章 微型计算机基础</b> .....	1
1.1 计算机的产生及结构思想 .....	1
1.1.1 计算机产生的结构思想 .....	1
1.1.2 计算机的发展过程 .....	2
1.1.3 计算机的特点及应用 .....	4
1.2 计算机中信息的表示 .....	5
1.2.1 计算机使用的数制及转换 .....	5
1.2.2 原码、反码和补码表示 .....	12
1.2.3 二十进制编码 .....	15
1.2.4 数的定点和浮点表示 .....	15
1.2.5 非数值数据的编码表示 .....	18
1.3 微型计算机概述 .....	20
1.3.1 微型计算机的发展及特点 .....	20
1.3.2 微处理器、微型计算机、微型计算机系统 .....	21
1.3.3 微型计算机常用术语及性能指标 .....	21
1.3.4 微型计算机分类 .....	23
1.4 微型计算机系统组成 .....	23
1.4.1 微型计算机硬件组成 .....	23
1.4.2 软件系统 .....	26
1.5 本章要点 .....	28
1.6 习题 .....	29
<b>第 2 章 微处理器及其体系结构</b> .....	32
2.1 8086 微处理器 .....	32
2.1.1 8086 微处理器的内部结构和功能 .....	32
2.1.2 8086 微处理器的寄存器组 .....	33
2.1.3 8086 微处理器的引脚分布与工作模式 .....	36
2.1.4 8086 微处理器对存储器的管理 .....	40
2.1.5 8086 微处理器的工作过程 .....	42
2.2 8086 微处理器的总线周期和操作时序 .....	44
2.2.1 时钟周期、总线周期和指令周期 .....	44
2.2.2 基本的总线时序 .....	45
2.3 从 8086 到 80x86 微处理器结构的变化 .....	47
2.3.1 80286 和 80386 .....	48
2.3.2 80486 CPU .....	49

2.4	Pentium (奔腾) CPU	53
2.4.1	Pentium (奔腾) CPU 概述	53
2.4.2	Pentium 4 简介	56
2.4.3	新一代微处理器——Itanium (安腾) CPU 简介	57
2.5	本章要点	58
2.6	习题	59
<b>第 3 章</b>	<b>微型计算机指令系统</b>	<b>61</b>
3.1	指令系统简介	61
3.1.1	指令及指令系统	61
3.1.2	指令格式	62
3.2	8086 指令的寻址方式	63
3.2.1	操作数及分类	63
3.2.2	8086 数据寻址方式	63
3.2.3	8086 转移地址寻址方式	71
3.3	8086 指令系统	72
3.3.1	数据传送指令	72
3.3.2	算术运算指令	78
3.3.3	逻辑运算及移位指令	84
3.3.4	串操作类指令	90
3.3.5	控制转移类指令	97
3.3.6	处理器控制指令	103
3.4	从 8086 到 80x86 指令系统的变化	103
3.4.1	80x86 系统寻址方式	103
3.4.2	80x86 增强和扩展指令	106
3.5	本章要点	108
3.6	习题	109
<b>第 4 章</b>	<b>80x86 汇编语言及程序设计</b>	<b>113</b>
4.1	汇编语言语法基本知识	113
4.1.1	汇编语言和汇编程序	113
4.1.2	汇编语言的语句	114
4.1.3	汇编语言的数据和表达式	115
4.1.4	汇编语言源程序的结构	118
4.2	常用汇编伪指令	119
4.2.1	符号定义伪指令	120
4.2.2	数据定义伪指令	120
4.2.3	程序分段定义伪指令	121
4.2.4	定位操作伪指令	122
4.2.5	程序模块的定义和通信	122
4.2.6	宏操作伪指令	123

4.3	80x86 宏汇编伪指令增强与扩充	123
4.4	汇编语言程序设计的基本方法	126
4.4.1	程序设计步骤及技术	126
4.4.2	顺序程序设计	127
4.4.3	选择程序设计	127
4.4.4	循环程序设计	129
4.5	子程序设计	130
4.5.1	过程定义伪指令	130
4.5.2	子程序调用与返回指令	131
4.5.3	子程序设计举例	132
4.6	汇编语言程序上机过程	133
4.6.1	上机步骤	133
4.6.2	调试工具 DEBUG	134
4.7	本章要点	135
4.8	习题	135
<b>第 5 章</b>	<b>存储器</b>	<b>138</b>
5.1	存储器概述	138
5.1.1	主存储器结构及存储系统的层次结构	138
5.1.2	存储器分类及特点	139
5.1.3	存储器的主要性能参数	141
5.2	读写存储器 (RAM)	142
5.2.1	静态 RAM (SRAM)	142
5.2.2	动态 RAM (DRAM)	143
5.2.3	RAM 的工作时序	146
5.3	只读存储器 (ROM)	147
5.3.1	只读存储器的结构	147
5.3.2	只读存储器 EPROM	148
5.3.3	只读存储器 EEPROM	149
5.3.4	快闪存储器 FLASH	149
5.4	存储器系统设计	149
5.4.1	确定存储器结构	150
5.4.2	存储器地址分配及译码	151
5.4.3	存储器与微处理器的接口连接	154
5.4.4	简单存储器子系统的设计	154
5.5	80x86 存储系统简介	158
5.5.1	并行存储器编址方式及工作原理	158
5.5.2	存储器与 80x86 CPU 的连接	159
5.5.3	高速缓冲存储器	159
5.6	本章要点	161



5.7	习题	162
<b>第 6 章</b>	<b>输入/输出及中断</b>	<b>163</b>
6.1	输入/输出接口	163
6.1.1	输入/输出接口基本结构及工作过程	163
6.1.2	输入/输出编址及寻址	165
6.2	微处理器与外设之间数据控制方式	167
6.2.1	无条件传送方式	167
6.2.2	查询传送方式	168
6.2.3	中断传送方式	169
6.2.4	DMA 控制方式	170
6.3	可编程 DMA 控制器 8237	172
6.3.1	8237 功能及内部结构	172
6.3.2	8237 工作方式	173
6.3.3	8237 芯片引脚功能	173
6.3.4	内部计数器及寄存器组	175
6.3.5	DMA 应用编程	177
6.4	中断系统	178
6.4.1	中断概述	179
6.4.2	80x86 中断系统	183
6.5	8259A 可编程中断控制器	187
6.5.1	8259A 中断控制器逻辑功能	187
6.5.2	8259A 内部结构及引脚功能	187
6.5.3	8259A 的工作过程	189
6.5.4	8259A 编程	190
6.5.5	8259A 应用举例	194
6.6	中断应用	196
6.6.1	ROM BIOS 中断调用	196
6.6.2	DOS 系统功能调用	197
6.6.3	中断程序设计	198
6.7	本章要点	200
6.8	习题	200
<b>第 7 章</b>	<b>串行通信接口技术</b>	<b>204</b>
7.1	串行通信的基本概念	204
7.1.1	异步通信和同步通信	204
7.1.2	串行通信的制式	206
7.1.3	波特率和发送/接收时钟	207
7.1.4	奇偶校验	208
7.1.5	总线及串行通信总线标准	208
7.1.6	串行通信传输通道配置	212

7.2	可编程接口芯片 8251A .....	214
7.2.1	8251A 基本性能 .....	214
7.2.2	8251A 的结构及其引脚功能 .....	215
7.2.3	8251A 控制字及初始化编程 .....	219
7.2.4	8251A 的应用举例 .....	225
7.3	本章要点 .....	229
7.4	习题 .....	229
<b>第 8 章</b>	<b>并行通信接口技术 .....</b>	<b>231</b>
8.1	并行通信及接口基本概念 .....	231
8.2	简单并行 I/O 接口芯片 .....	233
8.3	可编程并行接口芯片 8255A .....	234
8.3.1	8255A 的基本性能 .....	235
8.3.2	8255A 的结构及其引脚功能 .....	235
8.3.3	8255A 控制字及工作方式 .....	239
8.3.4	8255A 应用举例 .....	249
8.4	本章要点 .....	251
8.5	习题 .....	252
<b>第 9 章</b>	<b>可编程定时器/计数器芯片 8253 .....</b>	<b>254</b>
9.1	8253 的性能、结构及引脚功能 .....	254
9.1.1	基本性能 .....	254
9.1.2	内部结构及功能 .....	254
9.1.3	引脚功能 .....	257
9.2	8253 控制字及工作方式 .....	259
9.2.1	8253 控制字 .....	259
9.2.2	8253 工作方式 .....	260
9.2.3	8253 编程 .....	270
9.3	8253 应用 .....	272
9.4	本章要点 .....	274
9.5	习题 .....	275
<b>第 10 章</b>	<b>数-模/模-数转换及其接口 .....</b>	<b>276</b>
10.1	D/A 转换器 .....	277
10.1.1	D/A 转换器的基本原理 .....	277
10.1.2	D/A 转换器的主要参数 .....	278
10.1.3	8 位集成 D/A 转换器——DAC0832 .....	278
10.1.4	DAC0832 应用接口及编程 .....	280
10.2	A/D 转换器 .....	284
10.2.1	A/D 转换器的基本原理 .....	284
10.2.2	A/D 转换器的主要技术指标 .....	285
10.2.3	A/D 转换器的外部特性 .....	286

10.2.4 集成 8 位 A/D 转换器——ADC0809 .....	286
10.2.5 ADC0809 应用接口及编程 .....	289
10.3 本章要点 .....	293
10.4 习题 .....	294
<b>附录</b> .....	<b>296</b>
附录 A ASCII (美国标准信息交换码) 码表 .....	296
附录 B 80x86 指令系统表 .....	297
附录 C DOS 系统功能调用 .....	305
附录 D BIOS 中断调用 .....	309
<b>参考文献</b> .....	<b>312</b>

# 第1章 微型计算机基础

本章以计算机产生的结构思想为引导，首先对计算机的产生及冯·诺依曼计算机的经典设计方案进行了概述，然后介绍计算机中表示信息的二进制数及与其他常用数制相互间的转换方法，最后详细介绍微型计算机的基本概念及系统组成。

## 1.1 计算机的产生及结构思想

1946年2月14日，在美国宾夕法尼亚（Pennsylvania）大学的一间大厅里，由美国陆军的一位将军按下一个按钮，一件对现代世界有巨大影响的事件发生了，世界上第一台电子数字计算机（取名为ENIAC）启动了，如图1-1所示。

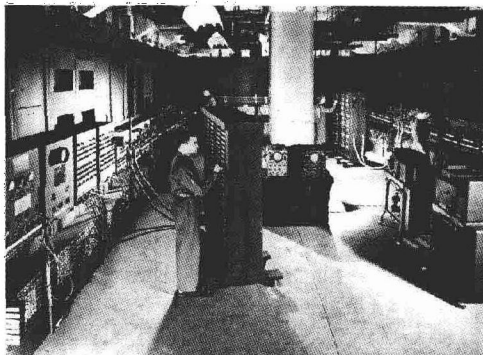


图 1-1 ENIAC 电子数字计算机启动

60多年来，计算机应用已由传统的科学计算发展到信息处理、实时控制、辅助设计、智能模拟及现代通信网络等领域。计算机技术的迅速发展对人类社会的进步产生了巨大的推动作用，尤其是微型计算机的出现及其在国民经济和人民生活各个领域不断深入的广泛应用，正在改变着人们传统的生活和工作方式，人类已进入以计算机应用为主要代表的信息时代。

### 1.1.1 计算机产生的结构思想

1945年，美籍匈牙利科学家冯·诺依曼（Von Neumann）提出了以“二进制存储信息”、“存储程序”为基础的计算机结构思想，世界上第一台电子数字计算机（ENIAC）就是按照这种思想进行设计、制造和工作的，所以人们又称其为冯·诺依曼计算机。

冯·诺依曼计算机的设计方案包含3个要点：

- 1) 采用二进制数的形式表示指令和数据。
- 2) 将指令和数据存放在存储器中。
- 3) 计算机硬件由控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备5大部分组成。

在计算机中，由于所采用的电子逻辑器件仅能存储和识别两种状态，计算机内部一切信

息存储、处理和传送均采用二进制数的形式。二进制数是计算机硬件能直接识别并进行处理的唯一形式。

人们需要计算机所做的任何工作都必须以计算机能识别的二进制数据所表示的指令形式送入计算机内存中，一条条有序指令的集合称为程序。“存储程序”就是指人们要计算机所做的任何工作必须把程序编出来，然后通过输入设备送到存储器中保存起来。

根据冯·诺依曼的设计，计算机应能自动执行程序，而执行程序又归结为逐条执行指令。计算机应给出程序中第一条指令在存储器中存储的地址，控制器则依据第一条指令的地址顺序地取指令、译码分析指令、执行指令。在执行指令的过程中，运算器根据指令的功能要求完成对数据的处理，并把处理结果送入存储器存储。然后由输出设备告诉人们数据处理结果。这样，在控制器的控制下，周而复始地完成全部指令流操作，从而实现程序控制。

由冯·诺依曼所提出的计算机结构思想可知：计算机对任何问题的处理都是对数据的处理，计算机所做的任何操作都是执行程序的结果。很好地认识计算机产生的结构思想，才能理解数据、程序与计算机硬件之间的关系，这对于学习和掌握计算机基本原理是十分重要的。

根据冯·诺依曼所提出的计算机结构思想而产生的世界上第一台电子数字计算机，进一步构建了计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备组成这一计算机的经典结构，如图 1-2 所示。

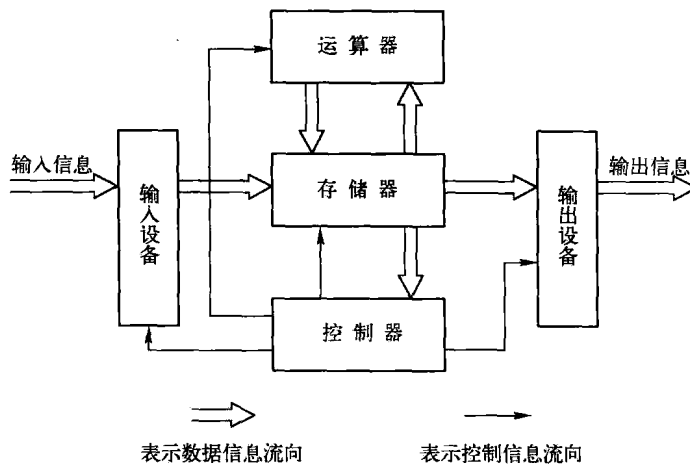


图 1-2 计算机硬件经典结构

尽管 ENIAC 计算机在诞生时重达 30t、占地 170m<sup>2</sup>、耗电 140kW、用了 18800 多个电子管，而时钟频率仅有 100kHz、每秒钟仅能做 5000 次加法运算。它从体积、速度及功能各个方面都无法与当代微型计算机相比，但是它的问世开创了计算机科学技术的新纪元，奠定了当代电子数字计算机体系结构的基础，对人类的生产和生活方式产生了巨大的影响。

### 1.1.2 计算机的发展过程

从 ENIAC 的诞生到现在，经历了半个多世纪的发展，计算机已由原来仅应用于科学和工程数值计算等领域，发展到广泛用于国民经济的各个领域及人们学习、工作和生活中。计算机在体积、性能、应用、速度、生产成本等各方面都发生了巨大的变化。如果以计算机主机

所使用的主要电子元器件为衡量标准，可以把计算机的发展历程划分为 4 代：

第 1 代：电子管计算机时代（约 1946~1957 年）。

采用电子管作为运算和逻辑元件，以二进制代码和汇编语言编写指令和程序，主要用于科学和工程计算。

第 2 代：晶体管计算机时代（约 1958~1964 年）。

采用晶体管作为运算和逻辑元件，产生了高级程序设计语言，主要用于科学计算、数据处理，并开始用于过程控制。

第 3 代：小规模集成电路计算机时代（约 1965~1971 年）。

采用半导体集成电路作为计算机的主要功能部件。在软件方面，操作系统日益成熟，系统软件和应用软件迅速发展；在应用方面，计算机在科学计算、数据处理及过程控制等领域得到了更加广泛的应用。

第 4 代：大规模或超大规模集成电路计算机时代（1972 年开始至今）。

大规模集成电路 LSI 和超大规模集成电路 VLSI 作为计算机的主要功能部件，如图 1-3 所示。

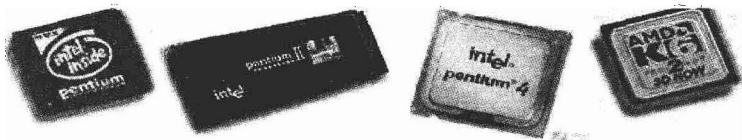


图 1-3 超大规模集成电路制作的 CPU 芯片（奔腾、奔腾 II、Cyrix686、K6-2）

半导体存储器因集成度不断提高，容量越来越大。外存广泛使用软硬磁盘和光盘。各种输入/输出设备相继出现。

1981 年 8 月，IBM 公司推出以 8088 为 CPU 的世界上第一台 16 位微型计算机（IBM 5150 Personal Computer），即著名的 IBM PC 个人计算机，使计算机的应用日益广泛和深入。

随着集成电路技术的提高，20 世纪 90 年代诞生了高档 32 位微处理器，时钟主频达到 2GHz。2005 年，Intel 公司的第一个双内核 EM64T（64 位）处理器 Pentium Extreme Edition 840 和新的 Pentium D 芯片推出；AMD 公司引入它第一个双内核 AMD64 Opteron 服务器 CPU，并为每个内核配上 1MB 高速缓存内存，集成了约 2.332 亿个晶体管；IBM 公司发布它最新的双内核 64 位 Power PC 970MP（codenamed Antares），由 IBM 公司和 Apple 公司使用。2006 年，Intel 公司双内核 Montecito Itanium 2 处理器进入生产环节。

软件产业高速发展，各种系统软件、应用软件相继出现且日趋完善，尤其是 20 世纪 90 年代开始的计算机网络及多媒体技术的迅猛发展，使计算机广泛应用于社会各个领域。

在应用需求的强力推动下，计算机未来发展趋势主要集中在以下几个方面：

- 1) 计算机工作速度不断提高。提高计算机处理速度是计算机发展的主要目标。
- 2) 计算机体积不断缩小。在提高性能指标、功能特性及可靠性等前提下，计算机体积自然是越小越好。计算机继续朝着微型化方向发展。
- 3) 计算机价格持续下降。长期以来，计算机性能得到大大改善，在性能不断提高的同时，价格一直在下降，其下降趋势还在继续发展。
- 4) 计算机的信息处理功能多媒体化。计算机从一般的科学工程计算，逐步发展到数据

(信息)处理、文字处理、图形、图像处理 and 声音、影像(视频)处理等方面。目前,普通的 PC 机不仅能处理数值、文字、图形等静态信息,而且还可以处理动态的视觉、音频等信息。将来,计算机还可以用来处理用户的语言、表情等信息,使计算机的信息处理功能更加多媒体化。

5) 网络化。计算机网络技术是计算机技术发展中崛起的又一重要分支,是现代通信技术与计算机技术结合的产物。所谓计算机网络,就是在一定的地理区域内,将分布在不同地点、不同机型的计算机和专门的外部设备由通信线路互联在一起,组成一个规模大、功能强的网络系统,在网络软件的支持下,用于传递信息、共享软硬件和数据资源。网络最初于 1969 年在美国建成,从阿帕网(ARPAnet)开始,已迅速发展成为今天的国际互联网(Internet)。它把国家、地区、单位和个人连成一体。用户不再单单使用自己的计算机进行信息处理,还能从网络获得所需要的解决问题的“各种资源”。

6) 智能化。目前,人们正在研究开发新一代智能化计算机系统。智能化是让计算机模拟人的感觉、行为、思维过程的机理,具有自然人机通信能力,从而使计算机具备和人一样的思维和行为能力,形成智能型和超智能型的计算机。

### 1.1.3 计算机的特点及应用

计算机是一种能迅速而高效地自动完成信息处理的电子设备,它能按照程序对信息进行加工、处理和存储。

#### 1. 计算机的特点

现代计算机具有以下主要特点:

- 1) 具有很高的信息处理速度。中央处理器(CPU)的速度几乎每两年翻一番,计算机的运算速度已达上亿次/秒。
- 2) CPU 芯片的集成化程度越来越高。CPU 芯片上的半导体器件的数量每 18 个月翻一番。
- 3) 具有极大的信息存储容量。
- 4) 具有精确的计算能力和逻辑判断能力。
- 5) 具有多样的输入、输出手段和多媒体信息处理能力。
- 6) 计算机网络使资源能够共享,信息迅速而方便地向四面八方传递。

#### 2. 计算机的应用

计算机的主要应用有以下几个方面:

- 1) 科学计算和科学研究。计算机主要应用于解决科学研究和工程技术中所提出的数学问题(数值计算)。
- 2) 数据处理(信息处理)。主要是利用计算机的速度快和精度高的特点来对数字信息进行加工。
- 3) 工业控制。用单板微型计算机实现底层的分散过程控制级(DDC 级)控制,用微型计算机实现中间层的监督控制级(SCC 级)监督管理控制,用高档微型计算机实现 SCC 或低层 MIS 管理。
- 4) 计算机辅助系统。计算机辅助系统主要有计算机辅助教学(CAI)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助测试(CAT)、计算机集成制造(CIMS)等

系统。

5) 人工智能。人工智能主要就是研究解释和模拟人类智能、智能行为及其规律的一门学科,包括智能机器人、模拟人的思维过程、计算机学习等。其主要任务是建立智能信息处理理论,进而设计可以展现某些近似于人类智能行为的计算系统。

6) 网络应用。计算机网络像电话系统连接电话那样,把计算机和计算机资源连接到一起,从而实现资源共享和数据传输。目前,已有越来越多的院校、科研院所、企事业单位、个人联入 Internet,发布电子新闻、检索信息、收发电子邮件、进行电子商务、网络计算和控制等。

7) 家用电器。目前,大多数家用电器都已嵌入单片微控制器,使其具有记忆、存储等智能化功能。

## 1.2 计算机中信息的表示

人们要计算机执行的任何操作都必须转换为计算机所能识别的二进制数的形式,计算机对任何信息的处理实际上是对二进制数的处理。为了在计算机中更好地表示各种不同的信息形式,需要对其进行编码;为了建立友好的人-机交互界面,需要进行二进制数与十进制及其他进制数之间的转换。

### 1.2.1 计算机使用的数制及转换

#### 1. 数制

数制就是计数方式。

日常生活中常用的是十进制计数方式,而计算机内部使用的是二进制数据。因此,计算机在处理数据时,必须进行数制之间的相互转换。

##### (1) 二进制数

二进制数只有两个数字符号:0和1,计数时按“逢二进一”的原则进行计数,也称其基数为二。

一般情况下,二进制数可表示为:(110)<sub>2</sub>、(110.11)<sub>2</sub>、10110B等。

在任何进制数制中,每个符号所处位置不同,实际代表的数值也不相同,把不同位置所表示的数值称其为权值,二进制也如同十进制一样可以写成一种展开的形式。

所谓按位权展开法,就是将r进制数的各位的权值乘以该位的数值,然后求和。

例如,十进制数  $123=1\times 10^2+2\times 10^1+3\times 10^0$

任一个r进制数都可以表示成:

$$\begin{aligned} N &= d_m r^m + d_{m-1} r^{m-1} + \cdots + d_0 r^0 + d_{-1} r^{-1} + \cdots + d_{-n} r^{-n} \\ &= \sum_{i=-n}^m d_i r^i \quad (n, m \geq 0) \end{aligned}$$

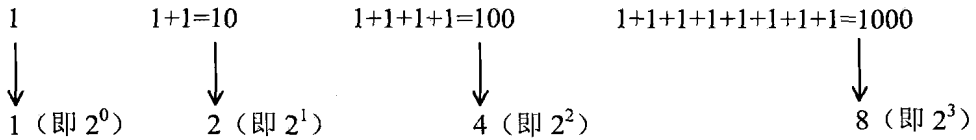
上式中,r称为基数(二进制数为2),d<sub>i</sub>表明第i位上可取的数字(如二进制数取0或1);i为0~m时,从低到高依次表示整数位,i为-1~-n时,则依次表示小数位;r<sup>i</sup>(即r的i次方)称为第i位的权值。

把一个r进制数N按权展开,则N可表示为r进制数的每位数字d<sub>i</sub>乘以其权r<sup>i</sup>所得积



之和。

根据位权表示法，每一位二进制数在其不同位置表示不同的值。例如：



对于 8 位二进制整数数（由低位~高位分别用  $D_0 \sim D_7$  表示）及小数部分（十分位~万分位分别用  $D_{-1} \sim D_{-4}$  表示），则各位所对应的权值为：

←————— 整数部分 —————→								←————— 小数部分 —————→				
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.....
$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	$2^{-1}$	$2^{-2}$	$2^{-3}$	$2^{-4}$	.....
$D_7$	$D_6$	$D_5$	$D_4$	$D_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$	$D_{-1}$	$D_{-2}$	$D_{-3}$	$D_{-4}$	.....

对于任何二进制数，可按位权求和展开为与之相应的十进制数，则有：

$$(10)_2 = 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (2)_{10}$$

$$(10.1)_2 = 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} = (2.5)_{10}$$

$$(11)_2 = 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (3)_{10}$$

$$(110)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (6)_{10}$$

$$(111)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (7)_{10}$$

$$(1111)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (15)_{10}$$

$$(10110)_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (22)_{10}$$

对于 8 位二进制整数，其最大值为：

$$(11111111)_2 = 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (255)_{10} = 2^8 - 1$$

对于 16 位二进制整数，其最大值为：

$$(1111111111111111)_2 = 65535 = 2^{16} - 1$$

对于 n 位二进制整数，其最大数值范围为：

$$0 \sim 2^n - 1$$

例如，二进制数 10110111，按位权展开求和计算可得：

$$\begin{aligned} (10110111)_2 &= 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 128 + 0 + 32 + 16 + 0 + 4 + 2 + 1 \\ &= (183)_{10} \end{aligned}$$

例如，二进制数 10110.101，按位权展开求和计算可得：

$$\begin{aligned} (10110.101)_2 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 16 + 4 + 2 + 0.5 + 0.125 \\ &= (22.625)_{10} \end{aligned}$$

必须指出：在计算机中，一个二进制数（如 8 位、16 位或 32 位）既可以表示数值，也可以表示一种符号的代码，还可以表示某种操作（即指令），计算机在程序运行时按程序的规则自动识别，这就是所谓的一切信息都是以二进制数据进行存储的。

## (2) 十六进制数