



中等职业学校教学用书(计算机技术专业)

# 计算机硬件技术基础

◎ 肖金立 编著

本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等职业学校教学用书（计算机技术专业）

# 计算机硬件技术基础

肖金立 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本书系统全面地介绍了当代微型计算机(台式电脑、笔记本电脑、移动式电脑、掌上电脑、服务器和 workstation)的基本结构、工作原理、常见类型和技术参数; Pentium 微处理器的基本指令, 汇编语言程序设计的基本概念、基本技巧和应用; 微型计算机接口技术; 微型计算机各种外部设备、数码设备的基本结构、工作原理、常见类型和技术参数等。

本书涵盖了目前世界上微型计算机领域内最先进的技术, 详尽地阐述了微型计算机硬件基础知识和各种硬件术语的内涵, 介绍了各类计算机产品的性能和参数表。

本书是计算机技术专业的必修课程, 也是硬件技术工程师认证教育体系中的重要课程之一, 可作为中等专业学校、专科学校的基本教材, 以及计算机组装、维护和营销人员的参考书和自学教材。本书配有相应的《计算机硬件技术基础学习指导与练习》。

本书还配有电子教学参考资料包(包括习题答案), 详见前言。

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。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机硬件技术基础/肖金立编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.5  
中等职业学校教学用书. 计算机技术专业  
ISBN 978-7-121-08094-4

I. 计… II. 肖… III. 硬件—专业学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 002068 号

策划编辑: 关雅莉

责任编辑: 张 溪

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 21.75 字数: 553.6 千字

印 次: 2009 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 29.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

# 读者意见反馈表

书名：计算机硬件技术基础

编著：肖金立

策划编辑：关雅莉

感谢您关注本书！烦请填写该表。您的意见对我们出版优秀教材、服务教学，十分重要。如果您认为本书有助于您的教学工作，请您认真地填写表格并寄回。我们将定期给您发送我社相关教材的出版资讯或目录，或者寄送相关样书。

## 个人资料

姓名\_\_\_\_\_年龄\_\_\_\_\_联系电话\_\_\_\_\_（办）\_\_\_\_\_（宅）\_\_\_\_\_（手机）\_\_\_\_\_

学校\_\_\_\_\_专业\_\_\_\_\_职称/职务\_\_\_\_\_

通信地址\_\_\_\_\_邮编\_\_\_\_\_E-mail\_\_\_\_\_

## 您校开设课程的情况为：

本校是否开设相关专业的课程 ☐是，课程名称为\_\_\_\_\_ ☐否

您所讲授的课程是\_\_\_\_\_课时\_\_\_\_\_

所用教材\_\_\_\_\_出版单位\_\_\_\_\_印刷册数\_\_\_\_\_

## 本书可否作为您校的教材？

☐是，会用于\_\_\_\_\_课程教学 ☐否

## 影响您选定教材的因素（可复选）：

☐内容 ☐作者 ☐封面设计 ☐教材页码 ☐价格 ☐出版社

☐是否获奖 ☐上级要求 ☐广告 ☐其他\_\_\_\_\_

## 您对本书质量满意的方面有（可复选）：

☐内容 ☐封面设计 ☐价格 ☐版式设计 ☐其他\_\_\_\_\_

## 您希望本书在哪些方面加以改进？

☐内容 ☐篇幅结构 ☐封面设计 ☐增加配套教材 ☐价格

可详细填写：\_\_\_\_\_

## 您还希望得到哪些专业方向教材的出版信息？

感谢您的配合，可将本表按以下方式反馈给我们：

【方式一】电子邮件：登录华信教育资源网（[http://www.hxedu.com.cn/resource/OS/zixun/zz\\_reader.rar](http://www.hxedu.com.cn/resource/OS/zixun/zz_reader.rar)）

下载本表格电子版，填写后发至 [ve@phei.com.cn](mailto:ve@phei.com.cn)

【方式二】邮局邮寄：北京市万寿路 173 信箱华信大厦 902 室 中等职业教育分社（邮编：100036）

如果您需要了解更详细的信息或有著作计划，请与我们联系。

电话：010-88254475；88254591

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任 and 行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036



本教材以 Pentium 微处理器为平台,从 16 位、32 位、64 位的单核处理器,提升到双核处理器、四核处理器,系统地介绍了当代微型计算机的基本结构、工作原理、类型和技术参数;Pentium 的基本指令;汇编语言程序设计的基本概念、基本技巧和应用;微型计算机接口技术;微型计算机各种外部设备、数码设备的基本结构、工作原理、类型和技术参数等。

本教材具有先进性、知识性和实用性。

先进性:涵盖了目前世界上微型计算机领域内最先进的技术,如超标量执行技术、超级流水线技术、扩展 64 位内存技术、超线程技术、虚拟化技术、超传输技术、硬件安全及防病毒技术和现代微型计算机的存储技术等。

知识性:从计算机原理讲起,结合微型计算机技术的发展,系统全面地介绍了微型计算机硬件基础知识和各种硬件术语的内涵。

实用性:对当前市场上台式机、笔记本电脑、移动式电脑、个人数字助理(PDA)、服务器和工作站等进行分析,熟悉市场上各类产品的性能和参数表。

本教材内容以模块化形式出现,整体逻辑结构清晰。文字内容由浅入深、通俗易懂,并配以插图和表格说明,便于读者快速理解晦涩难懂的理论知识。内容先进、结构新颖、突出应用、实例丰富,注重知识内在规律和学生的认知规律的结合,注重软、硬件知识的结合。

本教材是计算机技术专业的必修课程,也是硬件技术工程师认证教育体系中的重要课程之一。可作为中等专业学校、专科学校的基本教材,以及计算机组装、维护和营销人员的参考书和自学教材。本教材配有相应的《计算机硬件技术基础学习指导与练习》。

本教材由肖金立编写,在此感谢全国各地许多教师对本教材的修订提出的宝贵经验和建议。作者意在奉献给读者一本适用并具有特色的教材,但由于水平有限,难免有错误和不妥之处,殷切希望广大读者批评指正。

为了方便教师教学,本书还配有习题答案(电子版)。请有此需要的教师登录华信教育资源网([www.huaxin.edu.cn](http://www.huaxin.edu.cn) 或 [www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn))免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail: [hxedu@phei.com.cn](mailto:hxedu@phei.com.cn))。

编著者

2009 年 5 月





|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 计算机中的数据 and 编码 .....</b> | <b>1</b>  |
| 1.1 计算机中的数制 .....                 | 1         |
| 1.1.1 进位计数制 .....                 | 1         |
| 1.1.2 进位计数制的相互转换 .....            | 2         |
| 1.1.3 进位计数制的计量单位 .....            | 6         |
| 1.2 计算机中数的表示 .....                | 6         |
| 1.2.1 机器数和真值 .....                | 6         |
| 1.2.2 机器数的表示方法 .....              | 7         |
| 1.2.3 数的定点和浮点表示 .....             | 8         |
| 1.3 计算机中的编码 .....                 | 9         |
| 1.3.1 数字编码 .....                  | 9         |
| 1.3.2 校验码 .....                   | 10        |
| 1.3.3 字符编码 .....                  | 11        |
| 1.3.4 汉字编码 .....                  | 13        |
| 习题 1 .....                        | 14        |
| <b>第 2 章 微型计算机概论 .....</b>        | <b>17</b> |
| 2.1 微型计算机系统 .....                 | 17        |
| 2.1.1 微型计算机的硬件 .....              | 17        |
| 2.1.2 微型计算机的软件 .....              | 23        |
| 2.2 微型计算机的类型 .....                | 27        |
| 2.2.1 台式计算机 .....                 | 27        |
| 2.2.2 笔记本式计算机 .....               | 40        |
| 2.2.3 移动式计算机 .....                | 47        |
| 2.2.4 掌上计算机 .....                 | 48        |
| 2.2.5 服务器 .....                   | 50        |
| 2.2.6 工作站 .....                   | 56        |
| 习题 2 .....                        | 59        |
| <b>第 3 章 微处理器及系统控制器 .....</b>     | <b>63</b> |
| 3.1 微处理器的存储器组织 .....              | 63        |
| 3.1.1 存储器的数据组织 .....              | 63        |
| 3.1.2 存储器的段结构 .....               | 64        |

|              |                                           |            |
|--------------|-------------------------------------------|------------|
| 3.1.3        | 存储器的堆栈组织 .....                            | 66         |
| 3.2          | 微处理器的基本结构 .....                           | 67         |
| 3.2.1        | 总线接口单元 (BIU) .....                        | 67         |
| 3.2.2        | 指令预取和译码单元 (IFDU) .....                    | 68         |
| 3.2.3        | 执行单元 (DEU) .....                          | 69         |
| 3.2.4        | 地址生成单元 (AU) .....                         | 71         |
| 3.3          | 微处理器的寄存器 .....                            | 71         |
| 3.3.1        | 基本寄存器 .....                               | 71         |
| 3.3.2        | 浮点寄存器 .....                               | 75         |
| 3.3.3        | 系统寄存器 .....                               | 75         |
| 3.4          | 微处理器的性能 .....                             | 76         |
| 3.4.1        | 微处理器的性能指标 .....                           | 76         |
| 3.4.2        | 微处理器的核心 .....                             | 78         |
| 3.4.3        | 微处理器的指令集 .....                            | 78         |
| 3.4.4        | 微处理器的发展历程 .....                           | 80         |
| 3.5          | 高档微处理器 .....                              | 81         |
| 3.5.1        | 多能奔腾——Pentium MMX .....                   | 81         |
| 3.5.2        | 二代奔腾——Pentium 2 .....                     | 82         |
| 3.5.3        | 三代奔腾——Pentium 3 .....                     | 83         |
| 3.5.4        | 四代奔腾——Pentium 4 .....                     | 84         |
| 3.5.5        | 64 位微处理器——Pentium 46xx/Pentium 4 EE ..... | 85         |
| 3.5.6        | 双核微处理器——Pentium D/Pentium EE .....        | 88         |
| 3.5.7        | 多核微处理器——Core 2 Quad/Core2 Extreme .....   | 90         |
| 3.6          | 系统控制器 .....                               | 91         |
| 3.6.1        | 系统控制芯片组的体系结构 .....                        | 91         |
| 3.6.2        | 系统控制芯片组的组成 .....                          | 92         |
| 3.6.3        | 系统控制芯片组的总线 .....                          | 95         |
| 习题 3         | .....                                     | 96         |
| <b>第 4 章</b> | <b>寻址方式及指令系统 .....</b>                    | <b>100</b> |
| 4.1          | 寻址方式 .....                                | 100        |
| 4.1.1        | 立即寻址 .....                                | 100        |
| 4.1.2        | 寄存器寻址 .....                               | 101        |
| 4.1.3        | 直接寻址 .....                                | 101        |
| 4.1.4        | 寄存器间接寻址 .....                             | 101        |
| 4.1.5        | 变址寻址 .....                                | 102        |
| 4.1.6        | 基址变址寻址 .....                              | 103        |
| 4.1.7        | 相对寻址 .....                                | 104        |
| 4.2          | 指令系统 .....                                | 106        |
| 4.2.1        | 数据传送指令 .....                              | 107        |



|              |                        |            |
|--------------|------------------------|------------|
| 4.2.2        | 算术运算指令 .....           | 111        |
| 4.2.3        | 位操作指令 .....            | 121        |
| 4.2.4        | 处理器控制指令 .....          | 127        |
| 习题 4         | .....                  | 127        |
| <b>第 5 章</b> | <b>汇编语言 .....</b>      | <b>132</b> |
| 5.1          | 汇编语言的语句成分 .....        | 132        |
| 5.1.1        | 汇编语言的数据 .....          | 132        |
| 5.1.2        | 汇编语言的表达式 .....         | 133        |
| 5.2          | 汇编语言的语句类型 .....        | 136        |
| 5.2.1        | 变量定义语句 .....           | 136        |
| 5.2.2        | 符号常量定义语句 .....         | 138        |
| 5.2.3        | 段定义语句 .....            | 139        |
| 5.2.4        | 段寄存器设定语句 .....         | 140        |
| 5.2.5        | 过程定义语句 .....           | 140        |
| 5.2.6        | 程序开始和结束语句 .....        | 142        |
| 5.2.7        | 设定标题语句 .....           | 142        |
| 5.2.8        | 定位语句 .....             | 142        |
| 5.3          | 汇编语言程序的基本结构 .....      | 143        |
| 5.3.1        | 语句行的结构 .....           | 143        |
| 5.3.2        | 汇编语言源程序的基本结构 .....     | 144        |
| 5.3.3        | 汇编语言程序的可执行文件 .....     | 149        |
| 习题 5         | .....                  | 151        |
| <b>第 6 章</b> | <b>汇编语言程序设计 .....</b>  | <b>154</b> |
| 6.1          | 顺序程序 .....             | 154        |
| 6.2          | 分支程序 .....             | 157        |
| 6.2.1        | 转移指令 .....             | 157        |
| 6.2.2        | 二分支结构程序设计 .....        | 160        |
| 6.2.3        | 多分支结构程序设计 .....        | 163        |
| 6.3          | 循环程序 .....             | 164        |
| 6.3.1        | 循环控制指令 .....           | 164        |
| 6.3.2        | 循环程序的结构 .....          | 165        |
| 6.3.3        | 循环程序的设计 .....          | 166        |
| 6.3.4        | 串处理指令 .....            | 171        |
| 6.3.5        | 串处理程序的设计 .....         | 173        |
| 6.4          | 子程序 .....              | 175        |
| 6.4.1        | 过程控制指令 .....           | 175        |
| 6.4.2        | 调用程序和子程序的连接与参数传递 ..... | 177        |
| 6.4.3        | 编写子程序的方法 .....         | 178        |
| 6.4.4        | 子程序的嵌套 .....           | 180        |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| 习题 6                 | 181        |
| <b>第 7 章 存储器</b>     | <b>185</b> |
| 7.1 存储器              | 185        |
| 7.1.1 存储系统的层次结构      | 185        |
| 7.1.2 存储器的类型         | 185        |
| 7.1.3 内存储器的性能指标      | 187        |
| 7.2 内存储器             | 188        |
| 7.2.1 主存储器           | 188        |
| 7.2.2 系统程序存储器        | 191        |
| 7.2.3 CMOS 存储器       | 192        |
| 7.3 高速缓冲存储器          | 192        |
| 7.3.1 高速缓冲存储器的体系结构   | 192        |
| 7.3.2 高速缓冲存储器的操作方式   | 194        |
| 7.4 虚拟存储器            | 195        |
| 7.4.1 虚拟存储器          | 195        |
| 7.4.2 存储保护           | 198        |
| 习题 7                 | 199        |
| <b>第 8 章 输入/输出接口</b> | <b>201</b> |
| 8.1 中断机制             | 201        |
| 8.1.1 中断的基本概念        | 201        |
| 8.1.2 中断向量表          | 202        |
| 8.1.3 中断类型           | 202        |
| 8.1.4 中断调用           | 205        |
| 8.2 输入/输出端口          | 208        |
| 8.2.1 输入/输出端口的编址方式   | 208        |
| 8.2.2 PC 系列 I/O 端口布局 | 209        |
| 8.2.3 输入/输出指令        | 210        |
| 8.2.4 输入/输出控制方式      | 211        |
| 8.3 总线接口             | 215        |
| 8.3.1 系统总线           | 215        |
| 8.3.2 外部接口总线         | 221        |
| 习题 8                 | 228        |
| <b>第 9 章 外部设备</b>    | <b>232</b> |
| 9.1 输入设备             | 232        |
| 9.1.1 键盘             | 232        |
| 9.1.2 鼠标             | 237        |
| 9.1.3 扫描仪            | 242        |
| 9.2 输出设备             | 245        |
| 9.2.1 显卡             | 245        |

|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 9.2.2 | 显示器 .....        | 250 |
| 9.2.3 | 打印机 .....        | 254 |
| 9.2.4 | 多功能一体机 .....     | 263 |
| 9.2.5 | 绘图仪 .....        | 266 |
| 9.3   | 外存储设备 .....      | 269 |
| 9.3.1 | 磁盘存储器 .....      | 269 |
| 9.3.2 | 光存储器 .....       | 276 |
| 9.3.3 | 网络存储器 .....      | 285 |
| 9.3.4 | 移动式存储器 .....     | 292 |
| 9.4   | 多媒体设备 .....      | 295 |
| 9.4.1 | 音频卡 .....        | 296 |
| 9.4.2 | 音箱 .....         | 300 |
| 9.4.3 | 触摸屏 .....        | 301 |
| 9.4.4 | 摄像头 .....        | 303 |
| 9.4.5 | 数码相机 .....       | 304 |
| 9.4.6 | 视频卡 .....        | 309 |
| 9.5   | 数据通信设备 .....     | 311 |
| 9.5.1 | 数据通信传输介质 .....   | 312 |
| 9.5.2 | 网卡 .....         | 317 |
| 9.5.3 | 调制解调器 .....      | 320 |
| 9.5.4 | ADSL 调制解调器 ..... | 323 |
| 9.5.5 | 电缆调制解调器 .....    | 326 |
| 9.5.6 | ISDN 终端设备 .....  | 330 |
| 习题 9  | .....            | 332 |

# 第1章 计算机中的数据 and 编码



## 1.1 计算机中的数制

### 1.1.1 进位计数制

在长期的社会生产活动和日常生活的过程中，人们为便于计数逐渐形成了各种数制。按照进位的方法进行计数的数制称为进位计数制，简称进位制。人们习惯使用的数制是十进制，在计算机中采用的数制是二进制，为便于计算机信息的书写也常常采用十六进制。为了避免数制的混淆，可在数字的后面加填区分符，区分符可以用字母表示。二进制数的区分符用字母 B 表示，十进制数的区分符用字母 D 表示或不用区分符，十六进制数的区分符用字母 H 表示。例如，二进制数 1011.11B，十进制数 123.45D 或 123.45，十六进制数 3BA.4H。

#### 1. 基数

数制是以表示数值所用符号的个数来命名的，表明计数制允许选用的基本数码的个数称为基数，用  $R$  表示。例如，最常用的十进制数，每个数位上允许选用 0, 1, 2, ..., 9 共 10 个不同数码，它的基数  $R=10$ ；二进制数，每个数位上允许选用 0 和 1，它的基数  $R=2$ ；十六进制数，每个数位上允许选用 1, 2, 3, ..., 9, A, ..., F 共 16 个不同数码，它的基数  $R=16$ 。表 1.1 是计算机中数制对照表。

表 1.1 计算机中数制对照表

| 十进制 | 二进制  | 十六进制 | 十进制 | 二进制  | 十六进制 |
|-----|------|------|-----|------|------|
| 0   | 0000 | 0    | 8   | 1000 | 8    |
| 1   | 0001 | 1    | 9   | 1001 | 9    |
| 2   | 0010 | 2    | 10  | 1010 | A    |
| 3   | 0011 | 3    | 11  | 1011 | B    |
| 4   | 0100 | 4    | 12  | 1100 | C    |
| 5   | 0101 | 5    | 13  | 1101 | D    |
| 6   | 0110 | 6    | 14  | 1110 | E    |
| 7   | 0111 | 7    | 15  | 1111 | F    |



## 2. 权

在进位计数制中, 一个数码处在数的不同位置时, 它所代表的数值是不同的。每一个数位赋予的数值称为位权, 简称权。权的大小是以基数为底, 数位的序号为指数的整数次幂, 用  $i$  表示数位的序号, 用  $R$  表示数位的权。例如, 342.54 各数位的权分别为  $10^2$ 、 $10^1$ 、 $10^0$ 、 $10^{-1}$  和  $10^{-2}$ ; 1011.01B 各数位的权分别为  $2^3$ 、 $2^2$ 、 $2^1$ 、 $2^0$ 、 $2^{-1}$  和  $2^{-2}$ ; 34A.7H 各数位的权分别为  $16^2$ 、 $16^1$ 、 $16^0$  和  $16^{-1}$ 。

## 3. 进位计数制的按权展开式

进位计数制中, 每个数位的数值等于该位数码与该位的权之乘积, 用  $K_i$  表示第  $i$  位的系数, 则该位的数值为  $K_i R^i$ 。任意进位制的数都可以写成按权展开的多项式和的形式, 其一般表达为

$$N = \sum_{i=n-1}^{-m} K_i R^i$$

$$= K_{n-1} R^{n-1} + K_{n-2} R^{n-2} + \cdots + K_0 R^0 + K_{-1} R^{-1} + \cdots + K_{-m} R^{-m}$$

式中,  $n$  为进位制整数部分的位数;  $m$  为进位制小数部分的位数。

例如:

$$345.75 = \sum_{i=2}^{-2} K_i 10^i$$

$$= 3 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

$$1101.11 = \sum_{i=3}^{-2} K_i 2^i$$

$$= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 13.75$$

$$4F8.BH = \sum_{i=2}^{-1} K_i 16^i$$

$$= 4 \times 16^2 + 15 \times 16^1 + 8 \times 16^0 + 11 \times 16^{-1} = 1272.6875$$

### 1.1.2 进位计数制的相互转换

#### 1. 二进制数转换成十进制数

二进制数转换成十进制数, 因转换算法不同分为整数转换和小数转换两种方法。

##### (1) 整数转换法

写出二进制整数的按权展开式如下:

$$N = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_0 \times 2^0$$

把上式改写成下式:

$$N = (((K_{n-1} \times 2 + K_{n-2}) \times 2 + K_{n-3}) \times 2 + \cdots + K_1) \times 2 + K_0$$

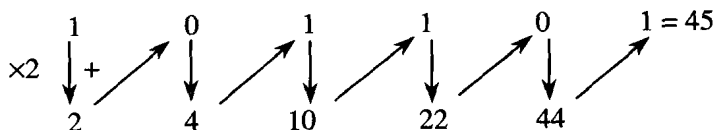
从上述表达式, 得出转换方法如下:

从最高位开始乘以 2, 加上次高位, 再乘以 2 加上第三位, ……., 依次一直加到最低位为止。二进制整数转换成十进制整数的方法称为乘 2 迭加法。



【例 1.1】 把 101101 转换成十进制数。

转换过程用线图表示:



转换结果是:  $101101_B = 45$

## (2) 小数转换法

写出二进制小数的按权展开式如下:

$$N = K_{-1} \times 2^{-1} + K_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m}$$

把上式改写成下式:

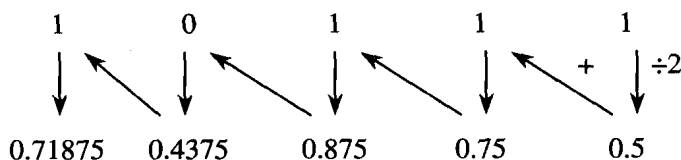
$$N = 2^{-1} (K_{-1} + 2^{-1} (K_{-2} + \cdots + 2^{-1} (K_{-m+1} + 2^{-1} K_{-m})))$$

从上述表达式得出转换方法如下:

从最低位开始, 除以 2, 加上次低位, 再除以 2 加上第三低位, …… , 依次一直到小数点后第一位除以 2 为止。二进制小数转换成十进制小数的方法称为除 2 叠加法。

【例 1.2】 把二进制数 0.10111 转换成十进制小数。

转换过程用线图表示:



转换结果是:  $0.10111_B = 0.71875$

## 2. 十进制数转换成二进制数

十进制数转换成二进制数, 因转换算法不同也分为整数转换和小数转换两种方法。

### (1) 整数转换法

举例说明转换方法如下。

【例 1.3】 把十进制数 205 转换成二进制整数。

十进制数 205 转换成二进制数的数位系数是

$$205 = (K_{n-1} K_{n-2} \cdots K_1 K_0)_B$$

将二进制整数写成按权展开式:

$$205 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0$$

等式右边二进制数提取公因子 2:

$$205 = 2 (K_{n-1} \times 2^{n-2} + K_{n-2} \times 2^{n-3} + \cdots + K_1 \times 2^0) + K_0$$

等式两边同除以 2 得:

$$102 + 1/2 = K_{n-1} \times 2^{n-2} + K_{n-2} \times 2^{n-3} + \cdots + K_1 \times 2^0 + K_0/2$$

上述等式两边的  $1/2$  和  $K_0/2$  相等, 即  $K_0 = 1$ 。

等式右边二进制数, 再次提取公因子 2:

$$102 = 2 (K_{n-1} \times 2^{n-3} + K_{n-2} \times 2^{n-4} + \cdots + K_2 \times 2^0) + K_1$$





根据上例，得出转换方法如下：

把十进制小数部分连续乘以 2，依次取得整数，直到乘积小数部分为 0 停止，依次得出乘积的整数序列即是二进制小数从高位到低位各数位上系数。十进制小数转换成二进制小数的方法称为乘 2 取整法。

上例用竖式表示如下：

| 十进制小数×2                   | 二进制小数的数位系数 = 十进制整数部分 |
|---------------------------|----------------------|
| $0.8125 \times 2 = 1.625$ | $K_1 = 1$            |
| $0.625 \times 2 = 1.25$   | $K_2 = 1$            |
| $0.25 \times 2 = 0.5$     | $K_3 = 0$            |
| $0.5 \times 2 = 1.0$      | $K_4 = 1$            |

转换结果是： $0.8125 = 0.1101_B$

上例用线图表示为：

|        |                                                                           |              |              |              |
|--------|---------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|        | $\times 2$                                                                |              |              |              |
|        | $0.8125 \rightarrow 0.625 \rightarrow 0.25 \rightarrow 0.5 \rightarrow 0$ |              |              |              |
|        | $\downarrow$                                                              | $\downarrow$ | $\downarrow$ | $\downarrow$ |
| 积的整数部分 | 1                                                                         | 1            | 0            | 1            |

### (3) 二进制数转换成十六进制数

二进制数转换成十六进制数的转换方法是：从小数点开始，整数部分向左，小数部分向右，每 4 位二进制数为一组用一位十六进制数表示，不足 4 位的用 0 补足。

**【例 1.5】** 把二进制数 11110110101.10101 转换成十六进制数。

|       |                             |                             |                             |                             |                             |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 二进制数  | (0)111                      | 1011                        | 0101.                       | 1010                        | 1(000)                      |
|       | $\underbrace{\hspace{1cm}}$ | $\underbrace{\hspace{1cm}}$ | $\underbrace{\hspace{1cm}}$ | $\underbrace{\hspace{1cm}}$ | $\underbrace{\hspace{1cm}}$ |
| 十六进制数 | 7                           | B                           | 5.                          | A                           | 8                           |

转换结果是： $11110110101.10101_B = 7B5.A8_H$

### (4) 十六进制数转换成二进制数

十六进制数转换成二进制数的转换方法是：每一位十六进制数用相应的 4 位二进制数代替，多余的 0 舍去。

**【例 1.6】** 把十六进制数 9F.8 转换成二进制数。

|       |                             |                             |   |                             |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|
| 十六进制数 | 9                           | F                           | . | 8                           |
|       | $\underbrace{\hspace{1cm}}$ | $\underbrace{\hspace{1cm}}$ |   | $\underbrace{\hspace{1cm}}$ |
| 二进制数  | 1001                        | 1111                        | . | 1000                        |
|       |                             |                             |   | $\underbrace{\hspace{1cm}}$ |
|       |                             |                             |   | 舍去                          |

转换结果是： $9F.8_H = 10011111.1_B$





### 1.1.3 进位计数制的计量单位

二进制信息的基本单位是位 (bit)，由 8 位二进制信息组成一个字节 (Byte)。表示位和字节的英文符号分别为 b 和 B。

因  $10^3 = 1000$ ， $2^{10} = 1024$ ，则 3 个十进制位近似 10 个二进制位。

在国际单位制中，十进制是以 3 个十进位分挡，即：

千 (kilo) =  $10^3 = 1\text{k} = 1000$

兆 (mega) =  $10^6 = 1\text{M} = 10^3 \text{k} = 1000 \text{k}$

吉 (giga) =  $10^9 = 1\text{G} = 10^3 \text{M} = 1000 \text{M}$

太 (tera) =  $10^{12} = 1\text{T} = 10^3 \text{G} = 1000 \text{G}$

在国际单位制中，二进制是以 10 个二进位分挡，即：

千 (kilo) =  $2^{10} = 1\text{K} = 1024$

兆 (mega) =  $2^{20} = 1\text{M} = 2^{10} \text{K} = 1024 \text{K}$

吉 (giga) =  $2^{30} = 1\text{G} = 2^{10} \text{M} = 1024 \text{M}$

太 (tera) =  $2^{40} = 1\text{T} = 2^{10} \text{G} = 1024 \text{G}$

由于微型计算机的存储容量与日俱增，为此，增加了计算机存储容量的计算单位，即：

PB (Petabyte) =  $2^{50} = 1\text{PB} = 2^{10} \text{TB} = 1024 \text{TB}$

EB (Exabyte) =  $2^{60} = 1\text{EB} = 2^{10} \text{PB} = 1024 \text{PB}$

ZB (Zettabyte) =  $2^{70} = 1\text{ZB} = 2^{10} \text{EB} = 1024 \text{EB}$

YB (Yottabyte) =  $2^{80} = 1\text{YB} = 2^{10} \text{ZB} = 1024 \text{ZB}$

前缀 kilo、mega、giga、tera、peta、exa、zetta 和 yotta 均来自希腊字母发音。

## 1.2 计算机中数的表示

### 1.2.1 机器数和真值

数在计算机中的表示形式称为机器数，而把这个数的本身称为真值。机器数有两个基本特点：数的符号数值化和数的位数固定。

#### 1. 数的符号数值化

数有正数和负数，分别用正号“+”和负号“-”表示。在计算机中数的符号只能用 0 和 1 表示，以 0 表示正号，以 1 表示负号，这样有符号数的符号被数值化了。在计算机中通常把符号放在最高位，该位称为符号位。一个机器数是由符号位和数值位两部分组成。例如，真值是 +1001B，对应的机器数为 01001B；真值是 -1001B，对应的机器数为 11001B。

#### 2. 数的位数固定

计算机内一次能表示二进制数的位数叫做计算机的字长，一台计算机的字长是固定的。字长为 8 位叫做一个字节，计算机字长一般都是字节的整数倍，如字长 8 位、16 位、32 位、64 位、128 位。