

全国高职高专规划教材

# 计算机组成原理

Computer Organization

竺士蒙 主编  
柳 祎 副主编



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)



全国高职高专规划教材

# 计算机组成原理

竺士蒙 主 编

柳 祎 副主编

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是全国高职高专规划教材之一。本书从高职高专学生的特点出发,对计算机组成原理有关的知识以适用、够用为原则,进行了取、舍,简单明了地介绍计算机硬件五大组成部件:运算器、控制器、存储器、输入和输出设备的工作原理,原理性的叙述力求简化,注重介绍与实际应用有关的知识;力图反映计算机硬件领域中一些新技术和新发展,并与现代微机相结合。

本书既可作为高职、高专计算机及应用专业计算机组成原理课的教材,也可以作为广大自学者学习计算机组成原理的一本入门参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/竺士蒙主编. —北京: 科学出版社, 2003

(全国高职高专规划教材)

ISBN 7-03-012094-9

I. 计... II. 竺... III. 计算机体系结构—高等学校: 技术学校—教材  
IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 073767 号

策划编辑: 李振格/责任编辑: 王日臣

责任印制: 吕春珉/封面设计: 东方人华平面设计部

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2003年8月第一版 开本: 787×1092 1/16

2003年8月第一次印刷 印张: 13

印数: 1—5 000 字数: 296 000

定价: 19.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

## 全国高职高专规划教材编委会名单

主 任 俞瑞钊

副主任 陈庆章 蒋联海 周必水 刘加海

委 员 (以姓氏笔画为序)

王 雷 王筱慧 方 程 方锦明 卢菊洪 代绍庆

吕何新 朱 炜 刘向荣 江爱民 江锦祥 孙光弟

李天真 李永平 李良财 李明钧 李益明 余根墀

汪志达 沈凤池 沈安衢 张 元 张学辉 张锦祥

张德发 陈月波 陈晓燕 邵应珍 范剑波 欧阳江林

周国民 周建阳 赵小明 胡海影 秦学礼 徐文杰

凌 彦 曹哲新 戚海燕 龚祥国 章剑林 蒋黎红

董方武 鲁俊生 谢 川 谢晓飞 楼 丰 楼程伟

鞠洪尧

秘书长 熊盛新

## 本书编写人员名单

主 编 竺士蒙

副主编 柳 祎

撰稿人 竺士蒙 柳 祎 陈月波 汪 繁 马 辉 李 可

# 前 言

本书是为高等职业学校、高等专科学校计算机及应用专业编写的计算机组成原理教材。全书共分 8 章，主要内容包括计算机系统概述、运算器、存储器、指令系统、中央处理器、总线、外部设备和输入输出系统。

本教材在一个学期内学完。考虑到有较多的实习、实训，实际的教学时数安排大约在 40 学时左右。以下一些内容比较适合作为学生的自学内容：2.5 节、3.4 节、5.3 节、6.1.3 和 6.1.8 小节及第 7 章和 8.4 节。

使用本教材一般要先学习计算机导论（或计算机基础）和数字电路等两门课程。

本书第 1 章、第 2 章、第 6 章由竺士蒙编写，第 3 章和第 5 章由柳祎和李可编写，第 4 章由马辉编写，第 7 章由汪繁编写，第 8 章由陈月波和李可编写，全书由竺士蒙主编并统稿。

本书的编写得到了姚文庆老师、江锦祥老师、刘加海老师和屠骏元的指导，在此，表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不当或错误之处，恳请大家批评指正。

编 者

2003 年 6 月

# 目 录

<b>第 1 章 计算机系统概述</b> .....	1
1.1 计算机能做什么 .....	1
1.1.1 科学计算.....	1
1.1.2 信息处理.....	1
1.1.3 自动控制.....	2
1.1.4 网络应用.....	2
1.1.5 多媒体应用.....	3
1.1.6 办公自动化.....	3
1.1.7 计算机辅助系统.....	3
1.1.8 人工智能.....	4
1.2 计算机怎么做 .....	4
1.2.1 汇编语言程序设计 .....	5
1.2.2 执行程序 .....	6
1.3 计算机硬件和软件 .....	6
1.3.1 计算机硬件 .....	6
1.3.2 计算机软件 .....	10
1.3.3 微机实例 .....	11
1.4 计算机的过去和未来 .....	12
1.4.1 计算机的过去 .....	12
1.4.2 计算机的未来 .....	13
小结 .....	14
习题 .....	15
<b>第 2 章 运算方法和运算器</b> .....	16
2.1 数值数据的二进制表示 .....	16
2.1.1 常用的进位计数制 .....	16
2.1.2 各种进位制数之间的转换.....	18
2.1.3 二进制数的算术、逻辑运算.....	21
2.1.4 计算机中带符号数的表示.....	22
2.1.5 计算机中小数点的表示 .....	25
2.1.6 BCD 码.....	27
2.2 非数值数据的二进制表示 .....	28
2.2.1 字符的二进制表示 .....	28

2.2.2	汉字的二进制表示 .....	29
2.2.3	位图图像的二进制表示 .....	32
2.2.4	语音的二进制表示 .....	32
2.3	校验和纠错 .....	32
2.3.1	奇、偶校验 .....	32
2.3.2	横向、纵向奇、偶校验 .....	33
2.3.3	循环冗余校验和海明校验码 .....	33
2.4	定点加、减法运算 .....	34
2.4.1	补码加法运算 .....	34
2.4.2	补码减法运算 .....	35
2.4.3	溢出及其检测的方法 .....	35
2.4.4	加、减法器 .....	36
2.5	定点乘、除法运算 .....	37
2.5.1	原码一位乘法 .....	37
2.5.2	并行乘法器 .....	38
2.5.3	原码一位除法 .....	39
2.5.4	并行除法器 .....	41
2.6	浮点运算 .....	41
2.6.1	浮点加、减法运算 .....	42
2.6.2	浮点加法器 .....	43
2.6.3	浮点乘、除法运算 .....	45
2.7	定点和浮点运算器 .....	45
2.7.1	最简单的运算器 .....	45
2.7.2	浮点运算器举例 .....	47
小结	.....	47
习题	.....	48
<b>第3章</b>	<b>存储系统 .....</b>	<b>50</b>
3.1	存储器概述 .....	50
3.1.1	存储器分类 .....	50
3.1.2	存储器的分级结构 .....	51
3.2	随机存取存储器 .....	52
3.2.1	SRAM 存储器 .....	53
3.2.2	DRAM 存储器 .....	54
3.2.3	内存的性能指标 .....	55
3.2.4	内存的读写周期时序 .....	56
3.2.5	存储器与 CPU 的连接 .....	58
3.2.6	存储器容量的扩展 .....	59
3.3	只读存储器 .....	62
3.4	高速存储器 .....	63



3.4.1 双端口存储器 .....	63
3.4.2 多模块交叉存储器 .....	63
3.4.3 相联存储器 .....	65
3.5 CACHE 存储器 .....	66
3.5.1 CACHE 基本原理 .....	66
3.5.2 内存与 CACHE 的地址映射 .....	68
3.5.3 替换策略 .....	71
3.6 虚拟存储器 .....	71
小结 .....	72
习题 .....	72
<b>第 4 章 指令系统</b> .....	<b>76</b>
4.1 指令格式 .....	77
4.1.1 操作码和操作数 .....	77
4.1.2 指令字长度 .....	79
4.1.3 指令助记符 .....	79
4.1.4 RISC 技术 .....	80
4.2 指令的寻址方式 .....	81
4.2.1 顺序寻址方式 .....	82
4.2.2 跳跃寻址方式 .....	82
4.3 操作数的寻址方式 .....	83
4.3.1 寄存器寻址方式 .....	85
4.3.2 立即数寻址方式 .....	85
4.3.3 直接寻址方式 .....	86
4.3.4 间接寻址方式 .....	86
4.3.5 隐含寻址方式 .....	87
4.3.6 相对寻址方式 .....	88
4.3.7 变址寻址方式 .....	88
4.3.8 基址寻址方式 .....	89
4.4 堆栈寻址方式 .....	90
4.4.1 串联堆栈 .....	91
4.4.2 存储器堆栈 .....	92
4.5 微机指令系统实例 .....	94
4.5.1 指令分类 .....	94
4.5.2 指令格式 .....	95
4.5.3 寻址方式 .....	95
4.5.4 指令系统 .....	97
小结 .....	97
习题 .....	97

<b>第 5 章 中央处理器</b> .....	100
5.1 中央处理器概述 .....	100
5.1.1 CPU 的功能 .....	100
5.1.2 CPU 的组成 .....	101
5.2 指令周期 .....	103
5.2.1 指令周期的基本概念 .....	103
5.2.2 非访内指令的指令周期 .....	104
5.2.3 访内指令的指令周期 .....	106
5.2.4 MOV 指令的指令周期 .....	107
5.2.5 NOP 指令的指令周期 .....	108
5.2.6 JMP 指令的指令周期 .....	110
5.2.7 指令周期的方框图表示 .....	111
5.3 时序产生器 .....	113
5.3.1 时序信号的概念和作用 .....	113
5.3.2 时序信号产生器 .....	114
5.4 硬布线控制器 .....	116
5.5 微程序控制器 .....	117
5.5.1 微程序 .....	117
5.5.2 微程序控制器 .....	118
5.5.3 CPU 周期和微指令周期 .....	119
5.5.4 机器指令和微指令 .....	120
5.6 现代 CPU 设计技术 .....	120
5.6.1 流水 CPU .....	120
5.6.2 RISC CPU .....	124
5.6.3 多媒体 CPU .....	124
5.6.4 奔腾 CPU .....	125
小结 .....	127
习题 .....	128
<b>第 6 章 总线</b> .....	130
6.1 总线的基本概念 .....	130
6.1.1 串行和并行总线 .....	130
6.1.2 单向和双向总线 .....	131
6.1.3 内部总线结构 .....	132
6.1.4 总线的特性和性能指标 .....	134
6.1.5 总线的分类和标准化 .....	135
6.1.6 总线接口 .....	138
6.1.7 总线结构 .....	139
6.1.8 总线的控制 .....	143
6.2 微机总线实例 .....	145

小结 .....	147
习题 .....	148
<b>第 7 章 外部设备 .....</b>	<b>150</b>
7.1 外部设备概述 .....	150
7.2 输入设备 .....	151
7.2.1 键盘 .....	151
7.2.2 鼠标 .....	151
7.2.3 图像输入设备 .....	152
7.2.4 声音 / 语音输入设备 .....	154
7.3 输出设备 .....	154
7.3.1 显示器 .....	154
7.3.2 打印机 .....	160
7.4 外存储设备 .....	162
7.4.1 硬盘 .....	162
7.4.2 软盘 .....	165
7.4.3 光盘 .....	165
7.4.4 优盘 .....	166
小结 .....	167
习题 .....	167
<b>第 8 章 输入输出系统 .....</b>	<b>169</b>
8.1 基本的输入输出方式概述 .....	169
8.2 查询方式 .....	173
8.3 中断方式 .....	175
8.3.1 中断的概念 .....	175
8.3.2 中断的处理过程 .....	176
8.3.3 中断接口 .....	182
8.4 DMA 方式 .....	184
8.4.1 DMA 的基本概念 .....	184
8.4.2 DMA 的处理过程 .....	186
8.5 其他方式 .....	189
8.5.1 通道方式和外围处理机方式 .....	189
8.5.2 网络方式 .....	190
小结 .....	190
习题 .....	190
<b>附录 .....</b>	<b>192</b>
附录一 ASCII 码控制功能符的解释 .....	192
附录二 Intel8086/8088 指令系统主要指令一览表 .....	193
<b>参考文献 .....</b>	<b>196</b>

# 第 1 章 计算机系统概述

## 本章要点

- 计算机能做什么
- 计算机怎么做
- 计算机硬件和软件
- 计算机的过去和未来

## 本章难点

存储程序和程序控制原理（或称计算机原理）。

数字电子计算机（俗称计算机或电脑）是一种对信息进行接收、存储、处理和输出的电子设备。计算机最初是作为一种计算工具而问世的。早在计算机问世之前，就有各种各样的计算工具，最有影响的还是中国人发明的算盘。据说中国人使用算盘已经有 500 多年历史了。直到 20 世纪 40 年代，导弹、原子弹的研制，需要计算一些复杂的数学问题，原有的计算工具满足不了要求，世界上第一台计算机应运而生。此后的 50 多年里，计算机性能不断提高，价格不断下降，应用领域不断拓展。现在，计算机几乎涉及到整个社会的方方面面：从国民经济各部门到个人日常生活，无一不是计算机应用的天下。

## 1.1 计算机能做什么

### 1.1.1 科学计算

科学计算的特点是计算量大。

科学研究和工程技术计算，是计算机应用最早的领域。例如数学、化学、原子能、天文学、地球物理学和生物学等基础科学的研究，以及航空航天、桥梁设计、水力发电、地质找矿等方面的大量计算都用到计算机。

人们曾遇到这样一类问题，计算的方法并不复杂，但计算的工作量实在太大，人工计算太慢，算出来也失去了实际意义，或者就根本无法计算。例如，气象预报，采用计算机计算，一下子就可算出结果；若手工计算，等算出来，预报变成了马后炮，毫无价值了。

### 1.1.2 信息处理

信息处理的特点是存储量大（往往是数据库）。

计算机发展初期, 仅仅用于数值计算, 后来才逐渐应用到非数值计算领域。特别是近年来, 微型计算机 (简称为微机) 和计算机网络相结合, 信息处理的范围变得相当广泛。据统计, 信息处理 (或者说数据处理) 占了计算机应用的 80%。

下面以银行的信用卡系统为例来加以说明。信用卡是一张带有磁条的卡片, 磁条上记录有信用卡持有者的账号等信息。持有者只要把信用卡插入到相应的终端设备, 与之相连的计算机读出信用卡持有者的账号信息, 然后通过计算机网络从银行数据库中调出有关账目, 进行取款或存款操作, 最后将结算后的金额等重新写入银行数据库中保存。

### 1.1.3 自动控制

微机和单片机常常被用在工业生产过程的自动控制中, 并且往往要求实时处理。例如海上装备声纳的目标定位、跟踪系统, 要实时计算目标潜艇的方位参数 (一般是变化的), 以便声纳系统进行目标跟踪和识别。

表 1.1 列出了近几年国内各部门研制的计算机控制系统部分实例。

表 1.1 计算机控制系统实例

机械	线切割机床控制, 五坐标铣床控制, 自动磨床控制, 印制电路板钻床控制, 六角车床控制, 多头钻床控制, LSI 引线焊接缝合装置控制, 锻造水压机控制, 弯管机控制, 激光加工控制, 印制板加工控制, 随动系统定时、定位控制, 200 千瓦汽轮机启、停控制, 电镀生产线, 加工控制中心
冶金	高炉配料、上料控制, 铝板轧制机控制, 环形加热炉温控制, 钛还原炉温度控制, 电炉温度控制, 转炉副轮控制, 均热炉控制, 冲天炉熔炼过程最优控制, 平炉节能控制, 电解炉自动控制, 粒子炉生产过程控制
石油、化工	合成塔温度、压力、流量控制, 石油裂解和煤气生产炉控制, 炼油厂装油台控制, 水泥生产过程控制, 流体流量混合比控制
轻工、纺织	五色提花织机控制, 32 台化纤织袜机群控制, 纺棉机纱锭监控, 高温高压染色机监控, 喷液印花控制, 双头注塑机控制, 圆纬机控制, 地毯织机提花控制, 味精发酵过程控制, 照相制版控制
交通、邮电	船舶导航, 大型车站自动化调度, 城市交通控制, 自动转报, 自动电话交换系统控制, 光导纤维拉丝控制, 包裹自动分拣
水利、电力	城市供水过程控制, 水纯化系统控制, 自来水厂生产过程控制, 水位控制系统, 电站监测控制, 发电厂程序控制, 变电所实时监控

### 1.1.4 网络应用

早期的计算机十分昂贵, 买不起计算机的人自然希望能共享计算机资源。例如, 利用通信线路 (电话线) 将数据发送到远方的计算机, 通过共享该计算机资源来进行数据处理。这是计算机网络应用的雏形。1993 年美国提出了“国家信息基础设施计划” (被称为信息高速公路), 立即引起各国的关注。我国于同年提出了有名的“三金工程”, 并开始实施。当前, 计算机网络迅猛发展, Internet 日益膨胀。据称 32 位的 IP 地址已经成为稀缺资源。中国互联网络信息中心统计表明: 截止 2002 年 12 月 31 日, 我国上网计算机数约 2083 万台, 上网人数约 5910 万人, 每天约有 4600 万人次在使用 Internet 发电子邮件。

现在,有许多网络应用技术已经进入商业化运作。下面简述电子商务方面的应用。电子商务是指消费者、销售者和结算部门之间利用 Internet 完成商品的采购和货币的转账过程。销售者通过 Internet 以网页形式发布、推出他的商品,消费者欲购买此商品时,可以在网页上填写送货要求单(包括姓名、地址、个人电子账号及送货要求等)通过 Internet 告诉销售者,销售者通过 Internet 与银行联络,查询核实该客户的资金状况,并由银行实行电子货币转账,而商品则由销售者直接送到客户手中。

### 1.1.5 多媒体应用

多媒体技术的研究与应用是当前计算机技术的热点之一。多媒体技术是计算机技术和视频、音频及通信等技术的集成。它实现对各种媒体(如文字、图形、影像、动画等)的采集、传输、转换、编辑和存储,由计算机综合处理为新的媒体信息重新输出。例如传统的音响设备只能录音、放音,档案库只能存档文件,图书馆只能收藏书籍,电视只能提供音频和视频信息,电话只能传递语音等,而用多媒体技术可使声、图、文合成后全部集成到计算机中,同时,利用计算机制作出新的媒体信息,例如合成音乐、电子动画等。

### 1.1.6 办公自动化

办公自动化是这样一个信息系统,它以支持办公自动化为目的(如日程管理、电子邮件、电子会议、文档管理、统计报表等),并能辅助管理和决策。微软公司的 Office 软件就是办公自动化软件之一。

### 1.1.7 计算机辅助系统

目前,计算机辅助系统有计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助教学(CAI)、计算机辅助测试(CAT)及计算机集成制造系统(CIMS)等。这里简述 CAD/CAM。CAD 就是通过 CAD 软件包,用计算机帮助设计,画图纸。数控机床是 CAM 的重要设备。围绕数控机床有一组自动化设备,用以完成加工件的运输、组装、测量和检查等功能。CAM 的前期是生产准备,包括进行工程、生产和作业设计以及制定计划。后期是实际生产,包括加工、装配和试验。现在通常把 CAD 和 CAM 结合在一起,形成 CAD/CAM 一体化,如图 1.1 所示。

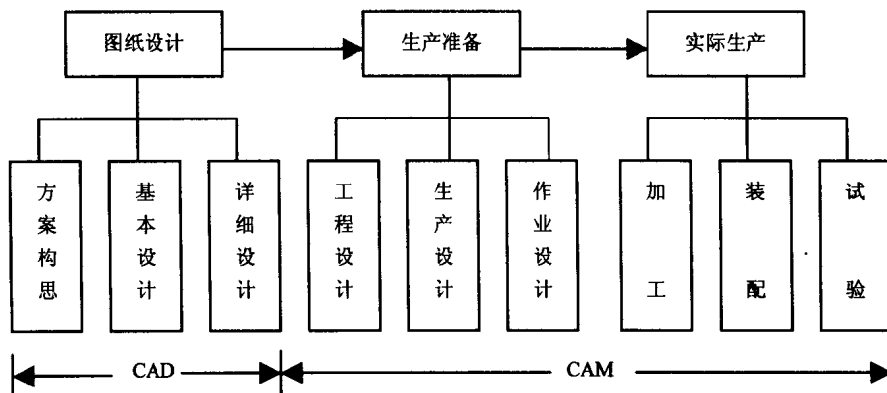


图 1.1 CAD/CAM 系统

### 1.1.8 人工智能

简单地说，人工智能就是计算机模仿人的思维活动。以下棋为例，如果程序设计人员把下棋的规则编成程序存入计算机，计算机就可以按规则走动棋子，与人对弈。下棋的结果，计算机可能输了。第二次，当人的走法不变时，计算机肯定又输一次。这是我们知道的结果。但是如果在程序设计时增加“智能”，使计算机输了一次以后能进行自己积累经验、自我改进，那么下次再下时就不会重犯上次的错误，可能就赢了。

目前，人工智能在自然语言的理解、机器视觉和听觉等方面给以足够的重视。例如在文字识别方面，虽然对任意的手写体的识别还没有很好解决，但是对规定的印刷体和严格的手写体的识别，已经达到了实用的水平。

人工智能研究中最有成就的要算“机器人”。目前世界上有大量的“工业机器人”在生产线上或在高温、有毒、辐射、深水等环境下工作。现在，又出现了比“工业机器人”更高明的“智能机器人”。它会自己识别控制对象和工作环境，并能适应环境条件的变化（能避开障碍物），根据人的口令和意图，做出判断和决策，灵活机动地完成各项任务。

## 1.2 计算机怎么做

大多数人使用计算机解题的一般过程是：用高级语言编写程序（称为源程序），然后由计算机将其翻译成机器语言程序（称为目标程序），在计算机上运行后输出结果，其过程如图 1.2 所示。

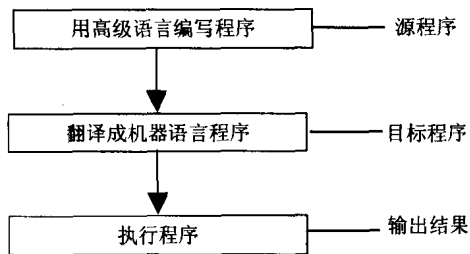


图 1.2 大多数人使用计算机解题的一般过程

而不是像少数人那样：用机器语言编写程序，直接在计算机上运行后输出结果，其过程如图 1.3 所示。



图 1.3 少数人使用计算机解题的一般过程

在计算机发展初期，人们是直接用机器语言（二进制代码）来编写程序的。机器语言程序完全可以被计算机“识别”并执行，所以叫做目标程序。但是编写机器语言程序很容易出错，出错后寻找错误又很难；并且，还必须熟悉这台计算机的指令系统，不同的计算机，指令系统不同。现在除了在某些特别的应用领域需要机器语言（或汇编语言）进行编程外，人们都用高级语言来编写普通的应用程序。我们知道计算机不能直接“识别”和执行高级语言程序，需要系统软件（称为编译软件）将其翻译成机器语言程序。

下面以计算  $1+2$  为例，来说明机器语言（汇编语言）程序的设计和 execution 过程（为了容易理解，机器语言指令都用其对应的汇编语言指令来表示）。

### 1.2.1 汇编语言程序设计

我们假定计算机的指令系统中含有如表 1.2 所示的指令。

表 1.2 指令

指令	解释
ADD	加
MOV	传送
HLT	停机

程序的流程图如图 1.4 所示。

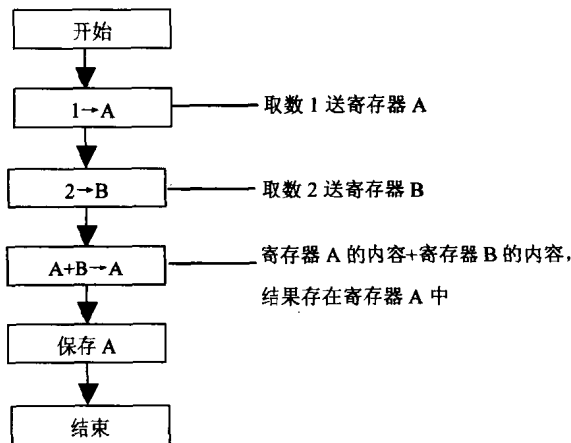


图 1.4 程序流程图

假定本程序中用到的两个数 1 和 2，分别存在存储器 2000H 单元和 2001H 单元（H 表示十六进制），计算结果存在 2002H 单元，程序从 2010H 单元开始存储（为了叙述简便，假定每条指令占一个单元）。具体安排如表 1.3 所示。

表 1.3 存储器单元

地址	内容	注释
2000H	1	操作数 1
2001H	2	操作数 2
2002H		存结果
...	...	...
2010H	MOV A, [2000H]	取 2000H 单元中的内容，操作数 1 送寄存器 A



续表

地 址	内 容	注 释
2011H	MOV B, [2001H]	取 2001H 单元中的内容, 操作数 2 送寄存器 B
2012H	ADD A, B	寄存器 A 的内容 + 寄存器 B 的内容, 结果存在寄存器 A 中
2013H	MOV [2002H], A	寄存器 A 中的内容存到 2002H 单元中
2014H	HLT	停机结束

### 1.2.2 执行程序

计算机从 2010H 单元中取出第一条指令

```
MOV A, [2000H]
```

分析、执行该指令, 然后从 2011H 单元中取出第二条指令

```
MOV B, [2001H]
```

分析、执行该指令, ……，直到最后一条。程序执行完毕。处理结果 3 存在 2002H 单元中。

## 1.3 计算机硬件和软件

计算机系统分为硬件和软件两大部份。硬件包括计算机的所有实体部件, 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, 故称为硬件。软件是相对于硬件而言的, 所谓软件是指为计算机的运行和管理计算机的运行所编制的所有程序及文档的总和, 简单地说软件是由程序构成的。

### 1.3.1 计算机硬件

1946 年科学家冯·诺依曼 (John Von Neumann) 提出了计算机设计的基本思想。计算机的主要特点有:

(1) 计算机工作采用存储程序和程序控制方式。

**重要概念:** 存储程序和程序控制原理 (或称计算机原理)。

要解决某一个具体问题, 事先要编好程序。这个程序存入计算机的内存中 (存储程序)。程序运行时, 计算机自动地从内存中取出第一条指令, 分析并执行, 再从内存中取出第二条, 分析并执行, 接着第三条, 第四条, ……。遇到转移指令, 就按照给出的转移地址取出下一条指令, 然后又按顺序执行下去 (程序控制), 这个过程无需人工干预。

(2) 计算机内部采用二进制。

(3) 计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备等五大部件组成。如图 1.5 所示。