



21 世纪高职高专规划教材

计算机系列

计算机组成原理

竺士蒙 主编



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北方交通大学出版社
<http://press.njtu.edu.cn>



21 世纪高职高专规划教材·计算机系列

计算机组成原理

竺士蒙 主编

清华大学出版社
北方交通大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书是 21 世纪全国高职、高专规划教材。本教材从高职、高专学生的特点出发,对计算机组成原理有关的知识点以适用、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的技术和新发展,并与现代计算机相结合。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。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理 / 竺士蒙主编. —北京:清华大学出版社;北方交通大学出版社, 2004.1

(21 世纪高职高专规划教材·计算机系列)

ISBN 7-81082-173-3

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 072065 号

责任编辑:韩 乐 特邀编辑:逢积仁

印刷者:北京东光印刷厂

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084

北方交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686045, 62237564

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:13 字数:324 千字

版 次:2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~5 000 册 定价:19.00 元

21 世纪高职高专规划教材·计算机系列 编审委员会成员名单

主任委员 李兰友 边奠英

副主任委员 周学毛 崔世钢 王学彬 丁桂芝 陈跃安
赵 伟 韩瑞功 汪志达

委 员 (按姓名笔画排序)

马 辉	万志平	万振凯	王永平	王建明
丰继林	左文忠	叶 华	叶 伟	付慧生
江 中	刘 炜	刘建民	刘 晶	曲建民
孙培民	邢素萍	华铨平	吕新平	陈小东
陈月波	李长明	李 可	李志奎	李 琳
李源生	李群明	李静东	邱希春	沈才梁
宋维堂	汪玉华	汪 繁	张文明	张权范
张宝忠	张爱娟	张 琦	金忠伟	林长春
林文信	苗长云	竺士蒙	周智仁	孟德欣
柏万里	宫国顺	柳 炜	胡敬佩	姚 策
赵英杰	高 娟	高福成	贾建军	徐建俊
殷兆麟	唐 健	黄 斌	章春军	曹豫莪
程 琪	韩其睿	韩 劼	裘旭光	童爱红
谢 婷	曾瑶辉	管致锦	熊锡义	潘玫玫
薛永三	操静涛	鞠洪尧		

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，它的根本任务是培养生产、建设、管理和服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型专门人才，所培养的学生在掌握必要的基础理论和专业知识的基础上，应重点掌握从事本专业领域实际工作的基本知识和职业技能，因而与其对应的教材也必须有自己的体系和特色。

为了适应我国高职高专教育发展及其对教学改革和教材建设的需要，在教育部的指导下，我们在全国范围内组织并成立了“21世纪高职高专教育教材研究与编审委员会”（以下简称“教材研究与编审委员会”）。“教材研究与编审委员会”的成员单位皆为教学改革成效较大、办学特色鲜明、办学实力强的高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业技术学院，其中一些学校是国家重点建设的示范性职业技术学院。

为了保证规划教材的出版质量，“教材研究与编审委员会”在全国范围内选聘“21世纪高职高专规划教材编审委员会”（以下简称“教材编审委员会”）成员和征集教材，并要求“教材编审委员会”成员和规划教材的编著者必须是从事高职高专教学第一线的优秀教师或生产第一线的专家。“教材编审委员会”组织各专业的专家、教授对所征集的教材进行评选，对入选教材进行审定。

目前，“教材研究与编审委员会”计划用2~3年的时间出版各类高职高专教材200种，范围覆盖计算机应用、电子电气、财会与管理、商务英语等专业的主要课程。此次规划教材全部按教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”编写，其中部分教材是教育部《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》的研究成果。此次规划教材编写按照突出应用性、实践性和针对性的原则编写并重组系列课程教材结构，力求反映高职高专课程和教学内容体系改革方向；反映当前教学的新内容，突出基础理论知识的应用和实践技能的培养；适应“实践的要求和岗位的需要”，不依照“学科”体系，即贴近岗位群，淡化学科；在兼顾理论和实践内容的同时，避免“全”而“深”的面面俱到，基础理论以应用为目的，以必要、够用为度；尽量体现新知识、新技术、新工艺、新方法，以利于学生综合素质的形成和科学思维方式与创新能力的培养。

此外，为了使规划教材更具广泛性、科学性、先进性和代表性，我们希望全国从事高职高专教育的院校能够积极加入到“教材研究与编审委员会”中来，推荐“教材编审委员会”成员和有特色、有创新的教材。同时，希望将教学实践中的意见与建议及时反馈给我们，以便对已出版的教材不断修订、完善，不断提高教材质量，完善教材体系，为社会奉献更多更新的与高职高专教育配套的高质量教材。

此次所有规划教材由全国重点大学出版社——清华大学出版社与北方交通大学出版社联合出版。适合于各类高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业技术学院使用。

21世纪高职高专教育教材研究与编审委员会
2003年9月

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、外围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，实际教学的学时安排大约在40学时左右。如下一些内容比较适合作为学生的自学内容：

第2章的2.5节——定点乘、除法运算；

第3章的3.4节——高速存储器；

第5章的5.3节——时序产生器；

第6章的6.1.4节——内部总线结构和6.1.8节——总线的控制；

第7章的全部内容；

第8章的8.4节——DMA方式。

使用本教材一般要先修计算机导论（或计算机基础）和数字电路两门课程。

本书第1章、第2章、第6章由宁波职业技术学院竺士蒙编写，第3章、第5章由湖州职业技术学院柳祎和宁波职业技术学院李可编写，第4章由浙江金融职业技术学院马辉编写，第7章由浙江求是职业技术学院汪繁编写，第8章由浙江金融职业技术学院陈月波和李可编写，全书由竺士蒙主编并统稿。

本书的编写得到了宁波职业技术学院姚文庆教授的指导，并审查了本书的编写大纲，宁波职业技术学院屠骏元教授仔细地审查了全稿，提出的不少修改意见，已经反映在本教材中。

由于编者水平有限，加上编写时间较紧，有不当或错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2003年11月

目 录

第 1 章 计算机系统概述	(1)
1.1 计算机的应用	(1)
1.2 计算机的工作原理	(4)
1.3 计算机硬件和软件	(5)
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	(11)
1.4.1 计算机的过去	(11)
1.4.2 计算机的未来	(12)
1.5 小结	(14)
1.6 习题	(14)
第 2 章 运算方法和运算器	(16)
2.1 数值数据的二进制表示	(16)
2.1.1 二进制的表示、转换和运算	(16)
2.1.2 二进制表示中的一些重要问题	(21)
2.2 非数值数据的二进制表示	(26)
2.2.1 字符	(26)
2.2.2 汉字	(27)
2.2.3 位图图像	(29)
2.2.4 语音	(30)
2.3 校验和纠错	(30)
2.4 定点加、减法运算	(33)
2.5 定点乘、除法运算	(36)
2.6 浮点运算	(40)
2.6.1 浮点加、减法运算	(40)
2.6.2 浮点加法器	(42)
2.6.3 浮点乘、除法运算	(44)
2.7 定点和浮点运算器	(44)
2.7.1 最简单的运算器	(44)
2.7.2 浮点运算器举例	(45)
2.8 小结	(46)
2.9 习题	(46)

第 3 章 存储系统	(48)
3.1 存储器概述	(48)
3.1.1 存储器分类	(48)
3.1.2 存储器的分级结构	(49)
3.2 随机存取存储器	(50)
3.2.1 SRAM 存储器	(50)
3.2.2 DRAM 存储器	(52)
3.2.3 内存的性能指标	(53)
3.2.4 内存的读写周期时序	(53)
3.2.5 存储器与 CPU 的连接	(55)
3.2.6 存储器容量的扩展	(56)
3.3 只读存储器	(59)
3.4 高速存储器	(60)
3.4.1 双端口存储器	(60)
3.4.2 多模块交叉存储器	(61)
3.4.3 相联存储器	(62)
3.5 CACHE 存储器	(63)
3.5.1 CACHE 基本原理	(63)
3.5.2 内存与 CACHE 的地址映射	(65)
3.5.3 替换策略	(69)
3.6 虚拟存储器	(70)
3.6.1 虚拟存储器的基本概念	(70)
3.6.2 页式虚拟存储器	(71)
3.6.3 段式虚拟存储器	(72)
3.6.4 段页式虚拟存储器	(73)
3.6.5 替换算法	(74)
3.7 小结	(75)
3.8 习题	(75)
第 4 章 指令系统	(78)
4.1 指令格式	(78)
4.1.1 操作码和操作数	(78)
4.1.2 指令字长度	(80)
4.1.3 指令助记符	(81)
4.1.4 RISC 技术	(81)
4.2 指令的寻址方式	(83)
4.3 操作数的寻址方式	(84)
4.4 堆栈寻址方式	(92)
4.5 微机指令系统实例	(96)
4.5.1 指令分类	(96)
4.5.2 指令格式	(97)
4.5.3 寻址方式	(97)

4.5.4	指令系统	(99)
4.6	小结	(99)
4.7	习题	(99)
第5章	中央处理器	(102)
5.1	中央处理器概述	(102)
5.1.1	CPU的功能	(102)
5.1.2	CPU的组成	(103)
5.2	指令周期	(105)
5.2.1	指令周期的基本概念	(105)
5.2.2	非访内指令的指令周期	(106)
5.2.3	访内指令的指令周期	(107)
5.2.4	MOV指令的指令周期	(109)
5.2.5	NOP指令的指令周期	(110)
5.2.6	JMP指令的指令周期	(112)
5.2.7	指令周期的方框图表示	(113)
5.3	时序产生器	(115)
5.3.1	时序信号的概念	(115)
5.3.2	时序信号产生器	(116)
5.4	硬布线控制器	(118)
5.5	微程序控制器	(119)
5.5.1	微程序的概念	(119)
5.5.2	微程序控制器	(120)
5.5.3	CPU周期和微指令周期	(121)
5.5.4	机器指令和微指令	(122)
5.6	现代CPU设计技术	(123)
5.6.1	流水CPU	(123)
5.6.2	RISC CPU	(126)
5.6.3	多媒体CPU	(127)
5.6.4	PentiumCPU	(128)
5.7	小结	(130)
5.8	习题	(130)
第6章	总线	(132)
6.1	总线的基本概念	(132)
6.1.1	总线的分类和标准化	(132)
6.1.2	串行和并行总线	(134)
6.1.3	单向和双向总线	(135)
6.1.4	内部总线结构	(136)
6.1.5	总线的特性和性能指标	(138)
6.1.6	总线接口	(139)
6.1.7	总线结构	(141)

6.1.8 总线的控制	(144)
6.2 微机总线实例	(146)
6.3 小结	(149)
6.4 习题	(149)
第 7 章 外围设备	(151)
7.1 外围设备概述	(151)
7.2 输入设备	(152)
7.2.1 键盘	(152)
7.2.2 鼠标	(152)
7.2.3 图像输入设备	(153)
7.2.4 声音/语音输入设备	(155)
7.3 输出设备	(155)
7.3.1 显示器	(155)
7.3.2 打印机	(161)
7.4 外存储设备	(162)
7.4.1 硬盘	(163)
7.4.2 软盘	(165)
7.4.3 光盘	(166)
7.4.4 优盘	(167)
7.5 小结	(168)
7.6 习题	(168)
第 8 章 输入输出系统	(170)
8.1 基本的输入输出方式概述	(170)
8.2 查询方式	(173)
8.3 中断方式	(174)
8.3.1 中断的概念	(174)
8.3.2 中断的处理过程	(175)
8.3.3 中断接口	(181)
8.4 DMA 方式	(182)
8.4.1 DMA 的基本概念	(182)
8.4.2 DMA 的处理过程	(185)
8.5 其他方式	(187)
8.5.1 通道方式和外围处理机方式	(187)
8.5.2 网络传送方式	(188)
8.6 小结	(188)
8.7 习题	(188)
附录 A ASCII 码控制功能符的解释	(190)
附录 B Intel 8086/8088 指令系统主要指令一览表	(191)
参考文献	(193)

第 1 章 计算机系统概述

本章要点:

- 计算机的应用
 - 计算机的工作原理
 - 计算机硬件和软件
 - 计算机的过去和未来
-

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 多年的历史了。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，原有的计算工具已满足不了要求，于是，世界上第一台计算机便应运而生。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 计算机的应用

1. 科学计算

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、生物学等基础科学的研究及航空航天、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，如果采用计算机计算，马上就可算出结果。若采用手工计算，等算出来，预报也就变成了“马后炮”，毫无价值了。

科学计算的特点是计算量大。

2. 信息处理

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。特别是近几年来，微型计算机（简称为微机）和计算机网络相结合，信息处理（或者说数据处理）的范围变得相当广泛。据统计，信息处理占了计算机应用的 80%。

下面仅以银行的信用卡系统为例来加以说明。信用卡是一张带有小磁条的卡片，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，与之相连的计算机便可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的账目，进行取款或存款操作，最后将结算后的金额等信息重新写入银行数据库中保存。

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。有些系统，要求立即（实时）得到计算机处理的结果。例如海上装备声纳的目标定位、跟踪系统，要实时计算潜艇的方位参数（一般是变化），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，环形加热炉温度控制，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

自动控制的特点往往是实时处理。

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，通过共享这台计算机来进行数据处理。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 万人在使用 Internet 发送电子邮件。

现在，有许多网络应用技术已进入商业化运作。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，查询核实该消费者的资金状况，并由银行实行电子货币转账，而商品则由销售者直接送到消费者手中。

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、音频、视频、动画等）的采集、传输、转换、编辑和存储，并由计算机综合处理为文字、图形、动画、音响、影像等新媒体信息重新输出。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。

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。

7. 计算机辅助设计/计算机辅助制造

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）、计算机集成制造系统（CIMS）等。这里简述 CAD/CAM。CAD 就是用计算机辅助设计，并画出图纸。通过 CAD 软件包，在图形显示器上十分方便地修改图形，并能从各个侧面观测投影图和剖面图。CAM 是计算机辅助制造，数控机床是它的重要设备。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、检查等功能。CAM 的前期是生产准备，包括进行工程、生产和作业设计及制定计划。后期是实际生产，包括加工、装配、试验。现在通常把 CAD 和 CAM 结合在一起，形成 CAD/CAM 系统一体化，如图 1-1 所示。

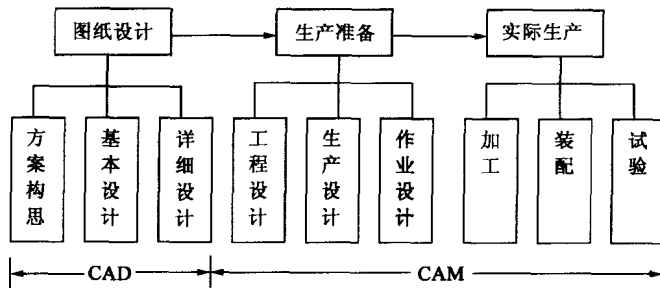


图 1-1 CAD/CAM 系统

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走棋子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，与人对奕。第一次下棋时，若计算机输了；第二次下棋时，若人的走法不变，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了“智能”，使计算机输了一次以后能进行自学习、自积累经验，那么下次再下时就不会重犯上次的错误，就有可能赢了。

目前，人工智能在自然语言的理解、机器视觉和听觉等方面被予以极大的重视。例如在文字识别方面，虽然对任意的手写体的识别还未很好解决，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”了。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 计算机的工作原理

大多数人使用计算机工作的一般过程是：首先用高级语言编写程序（源程序），然后由计算机将其翻译成机器语言程序（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。

还有少数人使用计算机工作的过程是这样的：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。

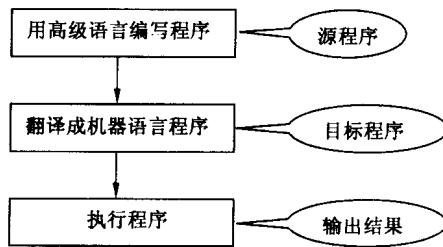


图 1-2 大多数人使用计算机工作的一般过程

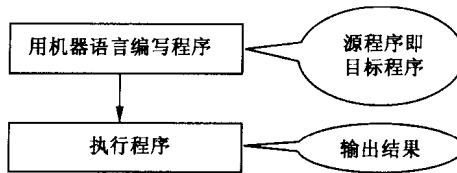


图 1-3 少数人使用计算机工作的一般过程

在计算机发展初期，人们是直接机器语言（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。因为必须熟悉这台计算机的指令系统，而且不同的计算机，指令系统也不同。现在除了少数专家之外，人们都用高级语言来编写程序。计算机不能直接“识别”和执行高级语言程序，需要系统软件（编译软件）把它翻译成机器语言程序。

下面以计算 $1+2$ 为例，来说明机器语言程序的设计和执行情况。

1. 机器语言程序设计

假定计算机的指令系统中含有如表 1-2 所示的指令（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）。

表 1-2 汇编语言指令

指 令	解 释
ADD	加
MOV	传送
HALT	停机

程序的流程图如图 1-4 所示。

假定本程序中用到的两个数 1 和 2，分别存在内存 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。

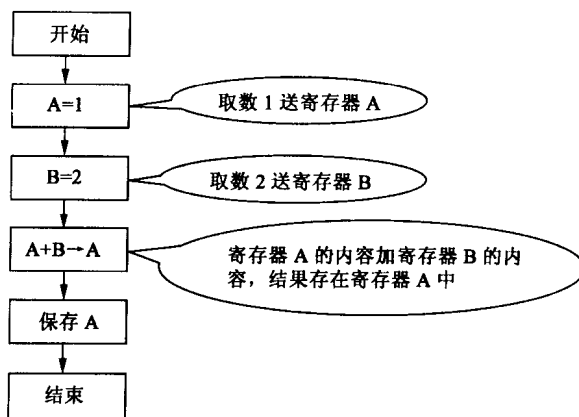


图 1-4 程序流程图

表 1-3 汇编语言程序

地 址	内 容	注 释
2000H	1	操作数 1
2001H	2	操作数 2
2002H		存 1+2=3 的结果
⋮		
2010H	MOV A, [2000H]	取 2000H 单元中的内容，操作数 1 送寄存器 A
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 的内容加寄存器 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	HALT	停机结束

2. 执行程序

计算机从 2010H 单元中取出第 1 条指令 MOV A, [2000H]，分析、执行该指令，然后从 2011H 单元中取出第 2 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

一个计算机系统分为硬件和软件两大部分。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年美籍科学家冯·诺依曼（John Von Neumann）提出了如下计算机设计的基本思想：

(1) 计算机工作采用存储程序和程序控制原理。

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1条指令，分析并执行，再从内存中取出第2条，分析并执行，接着第3条，第4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、存储器、控制器、输入设备和输出设备等五大部件组成，如图1-5所示。

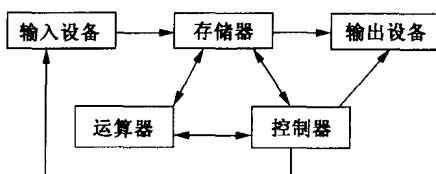


图 1-5 计算机硬件组成框图

其工作过程大致如下：

- (1) 信息（程序和数据）在控制器控制下，由输入设备输入到存储器。
 - (2) 控制器从存储器中取出程序的第1条指令。
 - (3) 控制器分析该指令，并控制运算器和存储器一起执行该指令规定的操作。
 - (4) 运算结果在控制器控制下，送存储器保存（供下一次处理）或送输出设备输出，第1条指令执行完毕。
 - (5) 返回到第（2）步，继续取下一条指令，分析并执行，如此反复，直至程序结束。
- 下面简述计算机的各个部件。

1. 运算器

它能执行二进制的算术运算和逻辑运算，算术运算如加、减运算，逻辑运算如按位对数据进行与、或、求反等运算。一个概念化的运算器结构框图如图1-6所示。运算器中有一个算术/逻辑运算单元（ALU）和若干个寄存器。ALU是一个组合逻辑电路，它一般有两个输入端（可同时输入两个参加运算的操作数）和一个输出端，它们都与寄存器连接。

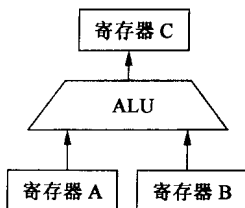


图 1-6 一个概念化的运算器结构框图

【例 1-1】 简述运算器执行运算 $1+2=3$ 的过程。

【解】 假定 A, B, C 都是 8 位寄存器，运算过程如下：

- (1) 把 00000001 (1) 放进寄存器 A。
- (2) 把 00000010 (2) 放进寄存器 B。
- (3) ALU 做加运算。
- (4) 运算结果 00000011 (3) 放进寄存器 C。

重要概念：寄存器和存储器。

寄存器和存储器都是存放计算机数据的硬件。寄存器由触发器组成，速度快；存储器由大规模集成电路器件组成，速度慢。

寄存器的个数有限，通常十几个，多则几十个；并且寄存器的位数有限，通常有 8 位、16 位、32 位和 64 位。若是 8 位，那么寄存器是由 8 个触发器组成，每个触发器存放 1 位数据 (0 或 1)，即 1 bit；存储器容量大，通常以 1KB、1MB 和 1GB 为单位。

2. 存储器

存储器用来存储程序和数据。规模较大的存储器往往分成若干级，称为存储器系统。图 1-7 是一个三级存储器系统。

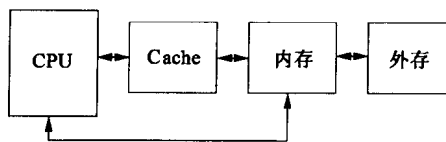


图 1-7 一个三级存储器系统

内存（主存储器）存放当前正在运行的程序和数据，一般用半导体存储器件实现，速度较快，容量较小。外存（辅助存储器）存放暂时不运行的程序和数据，一般采用磁性存储介质或光存储介质，速度慢，容量大。Cache（高速缓冲存储器）用来存放当前正在执行的程序和数据中的活跃部分，速度比内存更快（已经与 CPU 相匹配），一般用高速半导体存储器件实现，速度最快，容量最小。

重要问题：CPU 如何直接访问内存，间接访问外存？

- (1) CPU 总是访问内存。
- (2) 如果数据在内存中，访问结束。
- (3) 如果数据不在内存，那么一定在外存。CPU 把这部分数据从外存调入内存（可能先要把内存中的部分数据调出到外存，以便腾出空间），再访问内存。

重要问题：CPU 如何访问 Cache 和内存？