



普通中等专业教育机电类规划教材

# 计算机组成原理

辽宁仪器仪表工业学校 赵晓玲 主编



机械工业出版社

普通中等专业教育机电类规划教材

# 计算机组成原理

主编 赵晓玲

参编 董少明 刘丽莉 杨晓斐

主审 蒋湘若



机械工业出版社

本书是按照原机械工业部中专计算机教学指导委员会审定的《计算机组成原理》教学大纲进行编写和审定的，为“九五”规划教材。

本书力争反映当今计算机硬件发展的先进技术。内容分为基础知识、组成和典型微机三大部分。基础知识包括概述、数和编码；组成部分包括运算器、存储器、控制器、外围设备以及输入输出系统；典型微机部分介绍 386/486 微机的组成原理。

本书充分考虑中专教学的特点，内容丰富，知识广泛，由浅入深，重点突出，每章均有习题。本书可作为中专计算机及相关专业的计算机组成原理教材，也可供其它学习计算机硬件的人员使用。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理/赵晓玲主编.-北京:机械工业出版社,  
1999.12 重印  
普通中等专业教育机电类规划教材  
ISBN 7-111-06884-X

I. 计… I. 赵… II. 电子计算机-系统结构-专业学校  
-教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 69641 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:王小东 版式设计:张世琴 责任校对:李汝庚  
封面设计:海之帆 责任印制:何全君  
北京第二外国语学院印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
2000 年 5 月第 1 版第 2 次印刷  
787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·13.75 印张·331 千字  
6001—10000 册  
定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

# 前 言

本教材是根据原机械工业部“九五”规划教材编审出版计划，按照原机械工业部中专计算机教学指导委员会审定的“计算机组成原理”教学大纲进行编写和审定的。

“计算机组成原理”是计算机专业的一门专业基础课。本教材的编写脱离了具体机型去讲解计算机的五大模块，主要考虑以下因素：

1) 如用某种具体机型讲解，该课程将成为其硬件系统分析课，不能体现专业基础课的特点。

2) 当今计算机技术的发展非常迅速，结合具体机型进行讲解，不能博采众家之长，跟不上计算机技术的发展速度。脱离具体机型，掌握计算机的基本结构和工作原理，能以不变应万变。

本教材从基本原理讲起，力争反映当今计算机硬件发展的先进技术。内容分为三大部分：计算机的基本知识、五大模块、典型机简介。

第一章和第二章讲述计算机的基本知识，内容包括计算机系统概述、计算机中采用的数和编码，使学生对计算机有一个基本的了解。

第三章至第八章着重讲述计算机的五大模块，内容包括运算器、指令系统、中央处理器、主存储器、输入输出系统、外围设备。

第九章介绍较流行的 386 微型计算机系统组成以及 80486 微处理器和 Pentium 微处理器。

本教材是中专计算机及应用专业的专业基础课，也可作为其它专业的相关教材，参考学时数为 70 学时。通过本课程的学习，可使学生对计算机的组成和工作原理有较完整的概念，为学习专业课以及今后的实际工作打下一个具有一定专业深度的应用基础。

本教材的第一、三、九章由辽宁仪器仪表工业学校赵晓玲编写，第二、五章由咸阳机器制造学校董少明编写，第四、六章由中原机械工业学校刘丽莉编写，第七、八章由新疆机械电子学校杨晓斐编写。赵晓玲任主编。北京仪器仪表工业学校蒋湘若任主审。本教材在编审过程中得到了湖南机械工业学校廖哲智等教师的帮助，在此表示感谢。

由于时间仓促、作者水平有限，本教材中难免存在不足和疏漏之处，欢迎广大读者批评指正。

编者

1998 年 8 月

# 目 录

前言	
<b>第一章 概述</b> .....	1
<b>第一节 计算机系统</b> .....	1
一、计算机硬件和软件 .....	1
二、计算机程序和语言 .....	1
三、计算机系统的层次结构 .....	4
<b>第二节 计算机的基本组成和工作过程</b> .....	5
一、计算机的基本组成 .....	5
二、计算机基本部件的功能 .....	5
三、计算机的基本工作过程 .....	6
<b>第三节 计算机的主要性能指标</b> .....	11
一、字长 .....	12
二、存储容量 .....	12
三、运算速度 .....	12
四、硬、软件配置 .....	13
五、系统的可靠性 .....	13
六、性能价格比 .....	13
习题 .....	13
<b>第二章 计算机中的数和编码</b> .....	15
<b>第一节 数制与转换</b> .....	15
一、进位计数制 .....	15
二、进位计数制的表示方法 .....	15
三、不同进位计数制之间的转换 .....	16
<b>第二节 数值在计算机内的表示</b> .....	20
一、真值与机器数 .....	20
二、数的定点表示法 .....	20
三、数的浮点表示法 .....	21
<b>第三节 机器数的编码表示</b> .....	22
一、原码 .....	22
二、反码 .....	23
三、补码 .....	23
四、移码 .....	24
五、BCD 码 .....	25
<b>第四节 文字符号代码的表示</b> .....	26
一、文字符号代码 .....	26
二、校验码 .....	26
三、汉字编码 .....	29
习题 .....	31
<b>第三章 运算器</b> .....	32
<b>第一节 定点加减法的运算方法与逻辑实现</b> .....	32
一、补码定点加减法运算方法 .....	32
二、补码定点加减法的实现 .....	33
三、溢出及其判别 .....	34
<b>第二节 定点乘除法的运算方法与逻辑实现</b> .....	35
一、定点一位乘法运算方法 .....	35
二、定点一位除法运算方法 .....	39
<b>第三节 定点运算器的基本结构</b> .....	44
一、运算器的基本结构 .....	44
二、定点运算器的举例 .....	44
<b>第四节 浮点数的运算</b> .....	47
一、浮点数的加减法运算 .....	47
二、浮点数的乘法和除法运算 .....	48
三、浮点运算器举例 .....	48
习题 .....	49
<b>第四章 指令系统</b> .....	51
<b>第一节 指令格式</b> .....	51
一、指令字长度 .....	51
二、指令操作码 .....	52
三、指令地址码 .....	52
四、堆栈与堆栈操作 .....	54
<b>第二节 寻址方式</b> .....	56
一、立即寻址 .....	56
二、直接寻址 .....	57
三、间接寻址 .....	57
四、寄存器寻址 .....	58
五、寄存器间接寻址 .....	58
六、变址寻址 .....	58
七、基址寻址 .....	59
八、相对寻址 .....	59



九、基址变址寻址 .....	60	三、主存储器的组成 .....	96
第三节 指令类型 .....	60	第二节 半导体随机存储器 .....	98
一、数据传送指令 .....	60	一、静态随机存储器 (SRAM) .....	98
二、算术运算指令 .....	60	二、动态随机存储器 (DRAM) .....	100
三、逻辑运算指令 .....	60	第三节 半导体只读存储器 .....	102
四、移位指令 .....	61	第四节 用半导体存储器芯片组成 的主存储器 .....	103
五、程序控制指令 .....	61	第五节 先进的动态随机存储器 (Advanced DRAM) 组织 .....	105
六、输入/输出指令 .....	62	一、增强 DRAM (EDRAM) .....	105
七、处理机控制指令 .....	62	二、高速缓存 DRAM (CDRAM) .....	105
第四节 指令系统举例 .....	62	三、同步 DRAM (SDRAM) .....	106
一、8086 指令系统 .....	62	第六节 并行主存储器 .....	106
二、VAX-11 指令系统 .....	64	一、编址方式 .....	106
第五节 精简指令系统—— RISC 技术 .....	67	二、工作原理 .....	107
一、RISC 与 CISC .....	67	第七节 高速缓冲存储器 .....	107
二、RISC 的主要特点 .....	68	一、程序局部性原理 .....	108
习题 .....	68	二、工作原理 .....	108
第五章 中央处理器 .....	70	三、替换算法 .....	109
第一节 中央处理器的组成和功能 ..	70	四、Intel 82385 .....	110
第二节 控制器的组成和功能 .....	70	五、Cache 的应用现状 .....	110
一、控制器的功能 .....	70	第八节 虚拟存储器 .....	111
二、控制器的组成 .....	71	一、虚拟存储器的概念 .....	111
三、指令的运行过程 .....	73	二、虚拟存储器的工作原理 .....	112
四、控制方式及时序系统 .....	74	习题 .....	114
第三节 组合逻辑控制及其实现 .....	76	第七章 输入输出系统 .....	116
一、组合逻辑控制器的组成 .....	76	第一节 输入输出系统概述 .....	116
二、逻辑控制器的设计 .....	78	一、输入输出系统的基本功能 .....	116
第四节 微程序控制器 .....	84	二、CPU 与输入输出设备之间的信息 .....	117
一、微程序控制器的基本概念 .....	84	三、输入输出设备的编址 .....	118
二、微程序控制器的工作原理 .....	84	四、CPU 与 I/O 设备间的数据传送方式 .....	118
三、微程序设计技术的应用 .....	88	第二节 程序控制方式 .....	119
第五节 典型 CPU 介绍 .....	88	一、基本概念 .....	119
一、8086 的内部结构 .....	89	二、接口组成 .....	119
二、寄存器的结构 .....	89	三、程序查询方式的工作过程 .....	119
三、芯片引脚与作用 .....	91	四、程序查询方式的特点及优缺点 .....	120
四、8086 的部分外围芯片 .....	91	第三节 程序中斷方式 .....	120
五、系统的最大和最小模式 .....	92	一、中斷的概念 .....	121
习题 .....	93	二、中斷响应和程序中斷的处理过程 .....	125
第六章 主存储器 .....	94	三、多重中斷 .....	126
第一节 存储器的基本概念 .....	94		
一、存储器的主要技术指标 .....	94		
二、存储器的分类 .....	95		

四、程序中中断控制方式的基本接口	126	一、多媒体应用系统特点	166
五、中断结构实例	127	二、多媒体应用系统开发环境	167
六、中断方式的特点和优缺点	128	三、多媒体产品原理及技术	168
第四节 DMA 控制方式	128	习题	173
一、DMA 的定义	128	<b>第九章 微机计算机系统组成</b>	175
二、DMA 的三种工作方式	128	第一节 80386 微处理器	177
三、基本 DMA 控制器	130	一、80386 的内部结构和功能	177
四、DMA 数据传送过程	131	二、80386 CPU 的引脚信号和功能	178
五、选择型和多路型 DMA 控制器	132	三、80386 的总线周期	180
第五节 输入输出通道方式	133	四、80386 的存储器管理	181
一、通道方式及其特点	133	第二节 时序发生器和协处理器	181
二、通道的类型	133	一、时序发生器	181
三、通道的工作过程	134	二、协处理器	182
第六节 输入/输出总线	136	第三节 主存储器	184
一、输入/输出总线	136	一、基本存储器系统	184
二、微机总线标准	140	二、DRAM 存储器的构成	185
习题	144	三、DRAM 控制器	186
<b>第八章 外围设备</b>	146	四、SIMM (单列直插存储器模块)	192
第一节 概述	146	第四节 高速缓存系统	195
第二节 CRT 显示器	146	一、高速缓存系统的组成	196
第三节 打印设备	152	二、高速缓存控制器	196
一、打印设备的分类	152	第五节 I/O 接口及多功能接口芯片	199
二、点阵针式打印机	152	一、基本的 I/O 接口	199
三、激光打印机	154	二、多功能接口芯片——82380	202
四、喷墨打印机	156	第六节 80486、Pentium 微处理器	207
五、绘图仪	157	一、80486 微处理器	207
第四节 外存储器	158	二、Pentium 微处理器	209
一、磁带存储器	158	习题	210
二、磁盘存储器	159	参考文献	212
三、光盘存储器	163		
第五节 多媒体配置	166		

# 第一章 概 述

## 第一节 计算机系统

### 一、计算机硬件和软件

一个完整的计算机系统是由硬件系统和软件系统两大部分组成的，二者相辅相成，缺一不可。只有使计算机的硬件和软件紧密地结合起来，才能充分发挥计算机系统的功能。

所谓硬件（Hardware）指的是构成计算机系统的电子线路和物理装置。它们是一些看得见的实体，如中央处理器、存储器和外围设备。硬件系统是计算机系统的物质基础，一般也被称为计算机系统的硬资源。

软件（Software）指的是计算机系统中所使用的各种程序的集合，也称为计算机系统的软资源。软件系统包含的内容非常丰富，它给计算机带来了强大的生命活力。软件可分为系统软件和应用软件两大类。

系统软件又称系统程序，它的主要功能是对整个计算机系统进行调度、管理、监控及维护服务等。它可以使计算机系统的资源得到合理的调度以及有效的利用。系统软件主要包括操作系统、计算机语言处理程序和工具软件等。

操作系统是用于控制和管理计算机硬件、软件和数据等资源，使用户方便、有效地使用计算机的程序集合。它可分为单用户操作系统、多用户操作系统和网络操作系统等。操作系统是任何计算机都需要必备的软件。

计算机语言处理程序能把用户使用高级语言编写的程序转换成计算机能直接识别的机器语言程序。一般计算机所配备的汇编语言的汇编程序、各种高级语言的解释程序或编译程序都属于计算机语言处理程序。计算机语言处理程序是在计算机上运行各种语言程序的基础。

工具软件是开发、研制各种软件以及诊断、维护计算机的工具。例如各种编辑程序、调试程序和诊断程序等。

应用软件也称为应用程序，它们是用户在各自的业务系统中开发和使用的各种程序。应用软件通常是针对某个具体问题而编制的，通常包括厂家出售的通用软件和用户利用计算机及其配备的系统软件自己研制开发的专用应用软件两类，如学籍管理系统、财务管理系统等等。随着计算机的普及应用，应用软件的种类越来越多，名目也各不相同，用户通过应用软件尽善尽能的发挥计算机的效能。

综上所述可见，计算机系统的组成如图 1-1 所示。

### 二、计算机程序和语言

#### 1. 计算机的解题过程

现代计算机解题的一般过程是用户使用计算机的高级语言编写程序，连同数据一起送入计算机中，再由计算机将其翻译成计算机能直接识别的机器语言程序，在计算机上运行后输出结果。计算机解题的过程如图 1-2 所示。



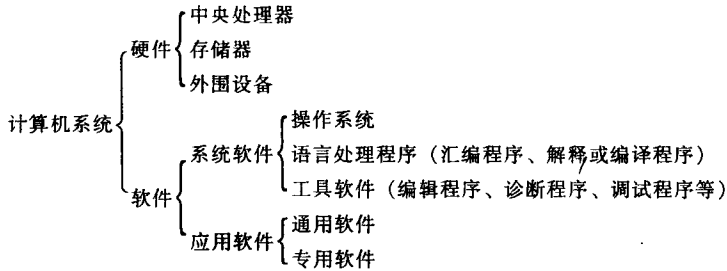


图 1-1 计算机系统的组成

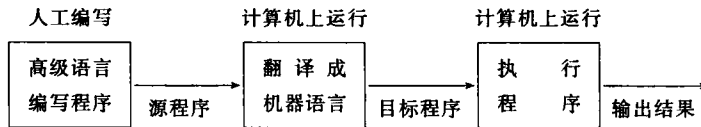


图 1-2 计算机解题过程

人们通常把用户使用高级语言编写的程序称为源程序，而把用机器语言表示的程序称为目标程序。

## 2. 计算机语言

计算机程序是为解决给定的实际问题计算机所要执行的指令或语句的集合。

指令是指挥计算机完成特定操作的命令。一条指令通常分为操作码和操作数两部分。操作码用于规定指令的操作性质，即该指令执行什么样的操作；而操作数则指出参与该操作的数据本身或者数所在的地址，因此也称之为地址码。通常一条指令对应着一种操作。

一台计算机所能执行的全部指令，称为这台计算机的指令系统。指令系统是计算机所固有的，不同的计算机其指令系统也不同。计算机的指令系统越丰富，其功能就越强，用户使用起来即编写程序也就越方便。

我们把计算机能直接识别的语言称为机器语言。机器语言中的指令是用二进制代码来表示的，指令也叫机器码。早期的计算机上只能使用机器语言，因此用户必须用二进制代码表示的机器语言编写程序。很显然二进制代码所表示的指令难记忆、难理解，编写工作量大而且容易出错，所以给编写程序、阅读程序带来了很多的困难。另外，机器语言是一种面向机器的语言，要求编程人员必需熟悉所使用的计算机硬件系统，也就是掌握计算机的内部结构，因此，只有少数的专业人员可以使用机器语言。

为了提高编写程序和阅读程序的效率，50年代出现了符号程序设计语言，也就是汇编语言。它是在机器语言的基础上，用便于记忆的符号（称为助记符）代替二进制代码表示的操作码，例如 ADD、SUB、MUL、DIV 分别表示加法、减法、乘法、除法操作，并允许使用符号表示指令以及数据的地址。但是，计算机不能直接识别汇编语言，因此用汇编语言编写的程序，计算机首先需要将它翻译成机器语言的程序，然后再在计算机上运行。这个转换（翻译）过程称为汇编过程，它是由称为汇编程序的软件来实现的。其转换过程可用图 1-3 表示。

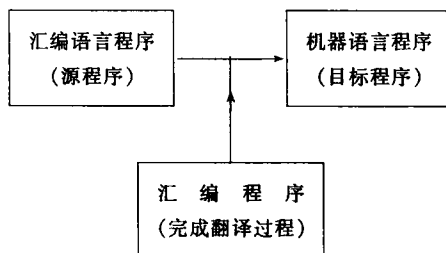


图 1-3 汇编语言的转换过程

汇编语言是在机器语言的基础上实现的面向于机器的语言，它虽然比机器语言高级，但它仍然是与特定机器相关的语言。用这种语言编写的程序，若改变机种，程序就必须重写，也就是说程序的执行受机种的限制。同时，这种语言与人们的传统解题方法还是相差甚远的。在人们的努力下，又出现了一种不是针对具体机种而是面向问题的计算机程序设计语言即高级语言。这种语言可以用于各种类型的计算机，不受机种的限制，而且使用计算机的人可以完全不必了解计算机的内部工作情况就可以使用它进行编程。如 BASIC 语言、PASCAL 语言、FORTRAN 语言等。

用高级语言编写的程序，也必须先将其转换成机器语言的程序才能执行，实现转换过程的方式有两种：编译方式和解释方式。其转换过程如图 1-4 所示。

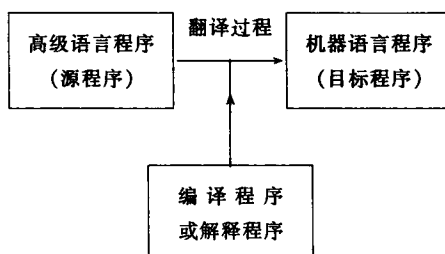


图 1-4 高级语言程序转换为机器语言程序的过程

编译方式是由编译程序（也称为编译系统）完成的。这种方式是将用户用高级语言编写的源程序中的全部语句转换成目标程序的机器语言程序，然后再执行机器语言程序。采用这种方式时，一个题目若要重复计算几遍，那么解决这个问题的源程序一经转换以后，只要源程序不变，就可以反复执行其机器语言的程序，不需要再经过转换的过程。所以，采用这种方式时，计算机执行程序的速度较快。但是，如果源程序有所改动，那么就需要重新经过转换的过程。PASCAL、FORTRAN 采用的就是这种编译方式。

解释程序又称为解释系统，由它完成解释方式的转换过程。解释程序采用的方法是按源程序语句的动态顺序逐句进行分析转换，也就是将源程序的一条语句转换成机器语言后立即执行这条语句，然后再转换执行下一条语句，如此重复直到程序结束。用这种方式实现转换的高级语言，初学者学习比较方便，而且比较容易掌握。如 BASIC 语言采用的就是解释方式。

但是，也有的计算机语言是以汇编语言作为中间输出，如多数的 C 语言编译程序就是

如此。由 C 语言程序转换成可执行程序的过程如图 1-5 所示。

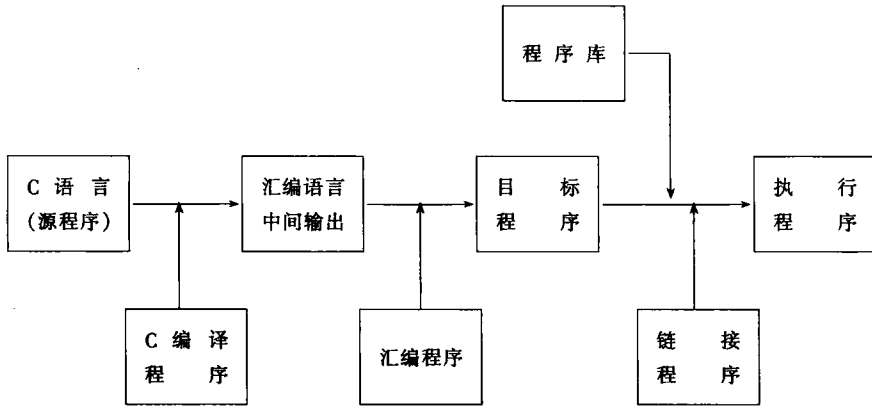


图 1-5 C 源程序转换成可执行程序的过程

首先由 C 编译程序读 C 语言源程序并且把它变成汇编语言，再由汇编程序把汇编语言的中间输出变成机器语言，即目标程序，最后由链接程序把目标程序和存放在程序库里的有关信息链接装配在一起，产生可执行的程序。

### 三、计算机系统的层次结构

现代计算机系统是一个十分复杂的硬件、软件结合的整体。它们二者之间是相辅相成，缺一不可的。计算机系统可用图 1-6 的层次结构来表示。

层次结构图表示了计算机系统软件、硬件的组成及相互之间的关系。没有软件系统的计算机称之为裸机，它只是具有了计算的可能，即使接上电源，也不能工作。从层次结构图外层向内层看，它表明了从用户提出任务到硬件的执行过程。通常根据给定的问题，用户使用高级语言编写应用程序，经过语言处理程序完成源程序转换成目标程序的过程，在操作系统的控制下调用系统的硬件资源和软件资源。从计算机的层次结构来看，操作系统是用户与计算机硬件的接口，是用户的工作平台，指令系统是裸机与软件的接口。

需要强调一下，现代计算机系统的硬件和软件之间的分界线并不明显。软件与硬件具有逻辑等价性，即任何一种操作可用硬件完成，也可以用软件来完成；任何一条指令的执行可以用硬件来完成，也可以用软件来完成。随着大规模集成电路技术的发展，软件硬化的趋势倍受重视，明确划分软件和硬件之间的界线也就更加困难。计算机系统总的发展趋势是硬件和软件两者统一融合，在发展上互相促进。

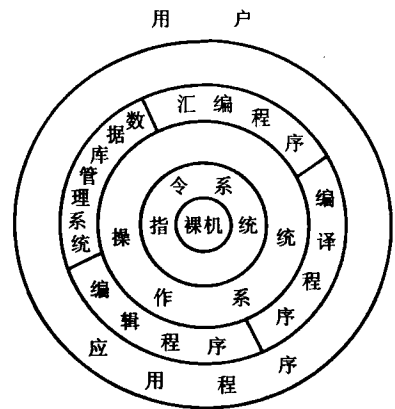


图 1-6 计算机系统的层次结构

## 第二节 计算机的基本组成和工作过程

计算机通常分为模拟计算机和数字计算机两大类。模拟计算机是以连续变化的模拟量(如温度、流量、电流和电压等)为操作对象。其运算速度很高,但是精度和通用性较差,所以模拟计算机常用来作为特殊用途的计算机。数字计算机以离散的数字和逻辑变量为操作对象,具有表示的数值范围广、运算精度高、“记忆”功能强和应用面宽等特点。由于数字计算机具有这些明显的优点,所以得到了广泛的应用。本书中简称的计算机就是这类计算机。

### 一、计算机的基本组成

计算机是一种能够自动、快速、准确地实现信息存储、数值计算、数据处理和过程控制等多种功能的电子机器。尽管现代计算机在规模、运算精度和价格上有很大的差异,但是其基本原理却是大体相同的。一般来说计算机是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备这五部分组成,如图1-7所示。

该图所示的计算机结构是按匈牙利籍数学家约翰·冯·诺依曼(John Von Neumann)于1946年首先提出的“存储程序”的概念组成的,所以也称为冯·诺依曼机。可以说冯·诺依曼机奠定了现代计算机的基础。

“存储程序”就是把指令用代码的形式事先输入到计算机的主存储器中,即用同一装置存储记忆数据和执行运算的命令,这些指令按一定规则组成程序,当计算机被启动后,程序(指令序列)就会控制计算机按规定的顺序逐条执行指令,自动完成预定的信息处理任务,这就是“程序控制”,合起来简称为“存储程序控制”。“存储程序控制”是计算机能够自动工作的关键。

在计算机中,基本上有两种信息在流动,一种是数据信息,另一种是控制信息。数据信息包括各种原始数据、中间结果以及程序;控制信息是指人给计算机的各种命令,由控制器译码后变为的各种控制信号。

### 二、计算机基本部件的功能

下面讨论一下计算机的五个基本部件的功能。

#### 1. 运算器 (ALU——Arithmetic Logic Unit)

运算器是由电子线路构成的对数据进行加工处理的部件。运算器的主要功能是执行算术运算和逻辑运算,所以也称之为算术逻辑部件 ALU,它的核心部件是加法器。除此以外,运算器还具有移位、比较等功能。

#### 2. 控制器 (CU——Control Unit)

控制器是计算机的控制中心,它统一指挥计算机的各部分协调地进行工作。它能根据事先给定的命令发出各种控制信号,使整个工作过程一步一步地进行。

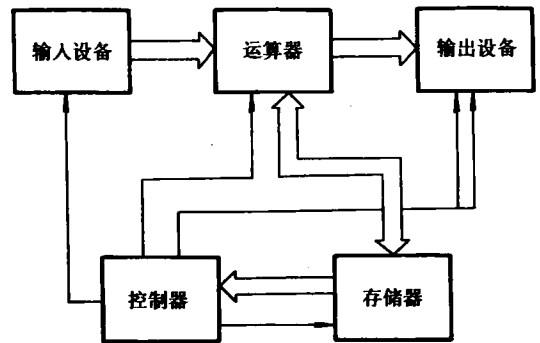


图1-7 计算机的基本组成

控制器的实现方式一般有两种，即组合控制逻辑器和微程序控制器。

组合逻辑控制器的特点是以尽量少的逻辑门来完成所需的功能，这样可减少成本、降低功耗，但它导致了结构的非规则性，使各控制信号的组合逻辑之间存在着复杂的相互牵连的关系。微程序控制器克服了组合逻辑控制器设计繁琐、难以修改、维护困难等缺点，虽然其设计过程复杂，但有一定的规律可循，尤其是可编程只读存储器的应用，为微程序控制器的设计提供了更大的灵活性和适应性，应用越来越广泛。但微程序控制器的速度因为受控制存储器的限制，不如组合逻辑控制器的速度快。

运算器和控制器合起来称为计算机的中央处理器（CPU——Central Processing Unit）或者简单称为处理器（处理机）。

### 3. 存储器（Memory）

存储器是计算机的记忆部件，它是用于存放程序和数据的装置。在计算机中程序是计算机操作的依据，数据是计算机操作的对象。存储器按其作用可分为内存储器和外存储器两种。

内存储器又称为主存储器，一般简称为内存，它可以与 CPU、输入设备和输出设备直接交换或传递信息。现在的内存是由半导体大规模集成电路（LSI）超大规模集成电路（VLSI）组成的，具有存取速度快、体积小、集成度高等特点。从计算机使用的角度来看，内存容量越大越好，但由于受技术上的限制以及价格因素的影响，内存空间是受限制的，也就是说，计算机的内存不可能特别大。

外存储器又称为辅助存储器，一般简称为外存，它是为弥补内存容量不足而配置的大容量的存储器，主要用于存放 CPU 暂时不用的程序和数据。外存的信息一般不能直接与 CPU、输入设备、输出设备交换或传递，当 CPU 要使用外存中的程序或数据时，需要先把它们调入到内存中，然后再供 CPU 使用。外存储器具有存储容量大、成本低、数据能长期保存的特点，常用的外存储器有软磁盘、硬磁盘和光盘等。

通常把运算器、控制器和存储器（内存）合称为计算机的主机。

### 4. 输入设备（Input device）

输入设备是计算机从外部获得信息的设备，它将人们熟悉的待处理信息转换为计算机能识别和接受的电信号送入计算机内部进行处理。最常用的输入设备有键盘、鼠标器和扫描仪等。

### 5. 输出设备（Output device）

输出设备把计算机内的信息转换成能为人或其它设备所接收和识别的形式（如文字、声音、图像和电压等），并提供给外界使用的部件。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。

输入、输出设备是人与计算机直接对话的工具，是人、机联系的桥梁。输入设备和输出设备又称 I/O 设备，而 I/O 设备和外存储器又统称为计算机的外围设备。

计算机中各功能部件通过地址总线（Address Bus）、控制总线（Control Bus）和双向的数据总线（Data Bus）联系在一起。

## 三、计算机的基本工作过程

为讨论计算机的基本工作过程，有必要先讨论一下存储器、中央处理器的结构。

### （一）存储器

计算机为了实现自动计算的功能，需要把实现这个计算的一步步命令即一条条指令通过输入设备预先存放到存储器中。存储器是由存储体、地址译码器和读写控制电路组成的，存储器的基本结构如图 1-8 所示。

存储体是由储存信息的介质组成的。它的主要功能是存储以二进制代码表示的程序和数据。存储体被划分成许多相等的单元即存储单元，存储单元的每一位存储一位二进制数“0”或“1”。存储器是按地址访问各存储单元的，为了区分不同的存储单元，需要给每个单元规定一个编号，这个编号一般是按存储单元的顺序进行的，存储单元的编号称为存储单元的地址，存储单元所存放的数据称为存储单元的内容。

存储器中的不同存储单元，是由地址总线上送来的地址（二进制数），经过存储器中的地址译码器来确定的。由此可见，地址译码器的功能是将地址总线提供的地址码进行译码，产生与地址码对应的存储单元的选通信号，为与该单元交换信息创造条件。

存储器的操作有两种，即“读”操作和“写”操作。存储器的“读”操作指的是把存储单元的内容经由数据总线取出的操作，即取数操作，而存储器的“写”操作指的是把数据经由数据总线送入存储单元的操作，即送数操作。实现哪一种操作是根据 CPU 通过控制总线发来的控制信号，由存储器的读写控制电路确定的。

“读”操作的具体过程为：

- 1) CPU 给出要访问存储单元的地址，经由地址总线送入存储器的地址译码器。
- 2) 存储器的地址译码器对其进行译码，产生选通信号，即找到相应的存储单元。
- 3) CPU 发“读”控制命令，将存储单元的内容送至数据总线，完成“读”操作。

“写”操作的具体过程为：

- 1) CPU 给出要访问存储单元的地址，经由地址总线送入存储器的地址译码器。
- 2) 存储器的地址译码器对其进行译码，产生选通信号，即找到存储单元。
- 3) 将要写入的数据送至数据总线，CPU 发“写”控制命令，将数据送入存储单元，完成“写”操作。

## (二) 中央处理器

图 1-9 是中央处理器的基本结构图。它包括算术逻辑部件、数据寄存器、地址寄存器、程序计数器、指令译码器、微操作控制器以及内部总线等。

数据寄存器是一组寄存器，用于暂存即将参加某种操作的数据和操作的结果。

指令译码器将某一条指令的编码翻译成相对应的微操作控制信号，为执行并完成该指令的动作做好准备。

微操作控制器的功能是根据指令译码器的输出去完成这条指令的动作。它的输入信号主要来自指令译码器、时序电路以及某些部件现有状态的反馈信号，其输出是一些指挥其它部

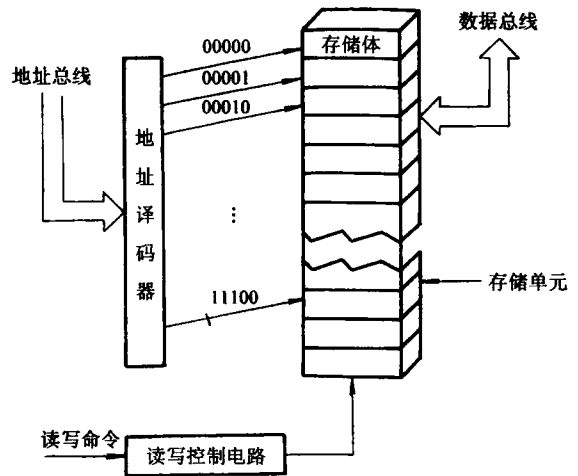


图 1-8 存储器的基本结构



件动作的一系列控制信号。

程序计数器 (PC) 又称指令地址寄存器, 存放着当前要执行指令的地址。计算机通常按顺序逐条执行存放在存储器中的指令, 程序中的指令也是一条条地顺序存放的, 所以一般情况下每执行一条指令程序计数器 (PC) 自动加 1, 以指向下一条指令的地址, 保证指令的顺序执行。

### (三) 工作过程

计算机的工作过程实际就是执行程序的过程, 而程序是由若干条指令组成的, 因此, 执行程序的过程就是逐条地执行指令的过程。而执行每条指令又分成取指令过程 (取指令操作码) 和执行指令过程 (进行具体的操作), 所以, 计算机的工作过程就是不断地取指令和执行指令的过程。计算机执行程序过程的示意图如图 1-10 所示。

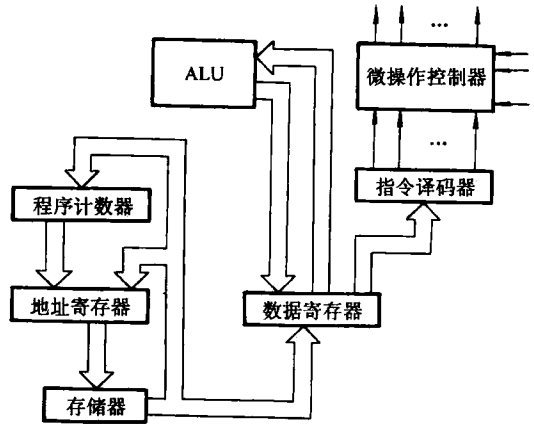


图 1-9 中央处理器的基本结构图

计算机执行程序过程的示意图如图 1-10 所示。

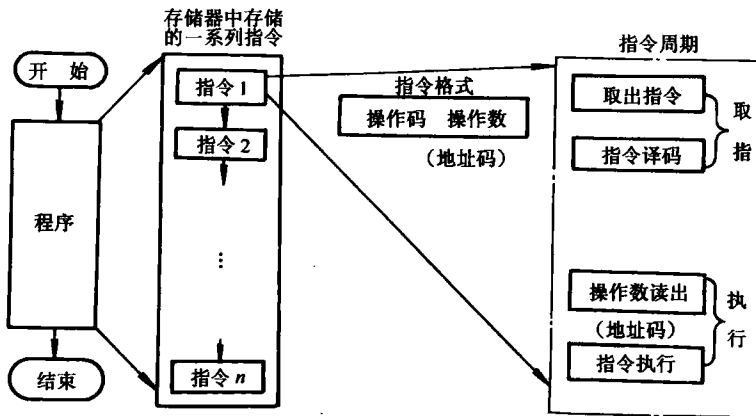


图 1-10 计算机执行程序过程的示意图

计算机若要执行某个程序, 该程序必需存放在内存储器中。当计算机从停机状态进入运行状态的时候, 首先将该程序的入口地址 (第一条指令所在的地址) 赋给程序计数器 PC, 然后计算机就进入取指阶段。在取指阶段, 按照程序计数器 PC 所提供的地址, 从对应的存储单元中取出指令。因为是取指阶段, 所以, 再把从存储单元中取出的内容 (指令的操作码) 通过存储器的数据寄存器送至指令译码器, 通过指令译码器译码, 由微操作控制器发出相应的控制信号, 然后计算机就进入到指令的执行指令阶段。在执行指令阶段, 计算机执行指令所规定的具体操作。一条指令执行完毕, 就转到下一条指令的取指阶段。如此周而复始地循环, 直到遇到暂停指令为止。

由于每条指令的取指阶段都是由一系列相同的操作组成的, 所以称之为公操作。而取指阶段的操作取决于被执行指令的操作性质, 所以其操作有很大的差异, 即不同的指令有不同的操作过程。

为了讨论问题方便起见，我们从一个以实际结构为基础，经过简化抽象的模型机来讨论分析计算机的基本工作过程，建立计算机的整机概念。图 1-11 为模型机的结构示意图。

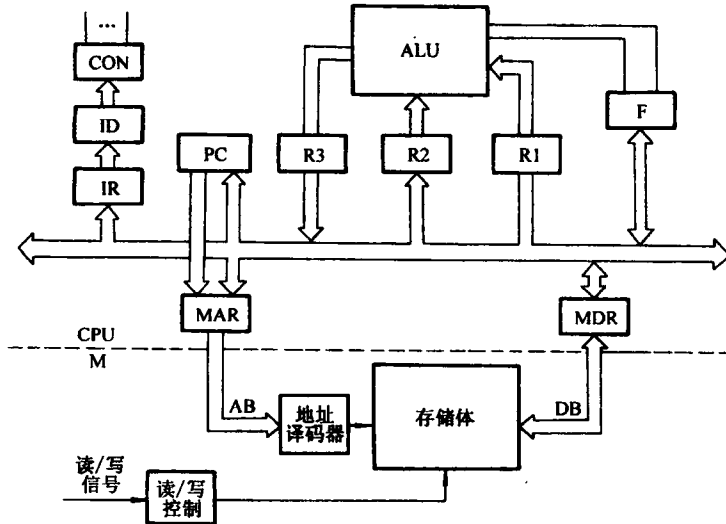


图 1-11 模型机的结构示意图

此模型机只包括 CPU（运算器、控制器）和存储器。在 ALU 中，寄存器 R1 和寄存器 R2 用于提供参加操作的两个操作数，寄存器 R3 用于暂存操作的结果。F 为标志等寄存器。

现在就以这个模型机为基础分析几条指令的执行过程，以加深对计算机工作过程的了解。

假设模型机所执行的指令是有两个存储地址的指令，即由指令提供两个操作数所在的存储单元的地址，操作的结果存放在寄存器 R3 中。现有如下四种形式的指令：

加	地址 1	地址 2
传送	地址 1	地址 2
传送	(地址 1)	地址 2
零转移	不用	地址 1

第一条指令加法指令。具体操作是把“地址 1”所对应存储单元的数据与“地址 2”所对应存储单元的数据进行加法运算，结果送入“地址 2”所对应的存储单元中。用 (地址 1) + (地址 2) → 地址 2 表示。

第二条是传送指令。具体操作是把“地址1”所对应的存储单元的数据传送到“地址2”所对应的存储单元中。用(地址1)→地址2表示。

第三条也是传送指令，不过操作数给出的形式不同。具体操作是把以“地址1”单元的内容为地址的存储单元的数据传送到“地址2”所对应的存储单元中。用((地址1))→地址2表示。

第四条是零转移指令。具体操作是当上条指令运算操作的结果为零时，转向“地址1”对应存储单元中所存放的指令，用(地址1)→PC表示；否则就执行下面紧接着这条指令地址的存储单元中的指令，用(PC)+1→PC表示。

假设指令已经由输入设备送入存储器中，程序计数器PC的值为指令所在存储单元的地址。

取指阶段运行过程的微操作序列如下：

- 1) 程序计数器的值(指令地址)送入地址寄存器，即(PC)→MAR。
- 2) 程序计数器的值加“1”，得到下次要顺序执行的指令地址，即(PC)+1→PC。
- 3) 指令地址(MAR的值)经地址译码器译码选中对应的存储单元。
- 4) 发“读”命令。
- 5) 从存储器中读出指令，存入数据寄存器MDR。

6) 把从存储器中取出的指令送入指令寄存器，即(MDR)→IR；由指令译码器分析指令的操作码，产生微操作控制信号；微操作控制电路根据指令译码器的输出，进入指令执行过程。

不同的指令其取指过程都是相同的，但因操作性质不同，所以执行指令的过程不同。四种指令其执行过程的微操作序列为：

#### 1. 加法指令

- 1) 指令寄存器中的第一地址送地址寄存器，得到第一个操作数的地址，即(IR)的地址1→MAR。
- 2) 第一操作数地址(MAR的值)经地址译码器译码选中对应的存储单元。
- 3) 发“读”命令。
- 4) 从存储器中取出第一操作数，存入数据寄存器MDR。
- 5) 把数据寄存器中的第一操作数送到运算器加法器的输入寄存器R1，即(MDR)→R1。
- 6) 指令寄存器中的第二地址送地址寄存器，得到第二个操作数的地址，即(IR)的地址2→MAR。
- 7) 第二操作数地址(MAR的值)经地址译码器译码选中对应的存储单元。
- 8) 发“读”命令。
- 9) 从存储器中取出第二操作数，存入数据寄存器MDR。
- 10) 把数据寄存器中的第二操作数送到运算器加法器的输入寄存器R2，即(MDR)→R2。
- 11) 加法器ALU进行加法运算。
- 12) 将相加的结果送入输出寄存器，即(ALU)→R3。
- 13) 将相加结果送入数据寄存器，即(R3)→MDR。