

计算机等级考试教程

新大纲

# 计算机系统组成 及工作原理

葛本修 王 森 编著

四级

修订版

- 资深专家最新修订版本
- 一至四级整体解决方案
- 兼顾教学、培训及考前复习
- 习题陪练加强效果

全国高等学校计算机教育研究会  
课程与教材建设委员会 组编  
李大友 主编



机械工业出版社  
China Machine Press

计 算 机 等 级 考 试 教 程

(四 级)

# 计算机系统组成及工作原理

修 订 版

全国高等学校计算机教育研究会  
课 程 与 教 材 建 设 委 员 会 组编

李大友 主编

葛本修 王 森 编著



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据国家教育部考试中心最新修订的全国计算机等级考试四级考试大纲编写的,其深度和广度与等级考试大纲要求一致。

本书介绍了计算机的组成及工作原理,包括基础知识及计算机各大部分:数据表示、指令系统、运算方法、中央处理器、存储系统、总线系统、外围设备及输入输出系统,并介绍了整机实例。最后附有较大量的综合练习,供读者参考。本书突出了基本概念、基础知识与基本技能,同时注意反映当前的新知识与新技术。

本书对象是计算机等级考试四级的应试人员,也可以作为大学本科与专科的教材,并可供相关科技人员及电脑爱好者参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

计算机等级考试教程(四级):计算机系统组成及工作原理/李大友主编  
葛本修 王森编著. —北京:机械工业出版社, 2000. 1

ISBN 7-111-04990-X

I. 计… I. ①李…②葛…③王… III. ①电子计算机-技术等级标准-考核-教材②计算机系统-概论 IV. TR3

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第00277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:何文军 版式设计:张世琴 责任校对:韩晶

封面设计:姚毅 责任印制:何全君

三河市宏达印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年1月第2版第3次印刷

787mm×1092mm 1/16·16.25印张·384千字

15 001—17 000册

定价:27.00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

# 《计算机等级考试教程》

编 委 会

|     |           |     |     |
|-----|-----------|-----|-----|
| 主 编 | 李大友       |     |     |
| 副主编 | 袁开榜       | 何 莉 | 陈瑞藻 |
| 编 委 | (按姓氏笔划为序) |     |     |
|     | 邓德祥       | 李芳芸 | 邵学才 |
|     | 杨文龙       | 陈季琪 | 孟庆昌 |
|     | 宗大华       | 姜秀芳 | 陶龙芳 |
|     | 屠立德       | 葛本修 | 薛宗祥 |
| 秘 书 | 何文军       |     |     |

## 《计算机等级考试教程》再版序言

当前,在世界范围内,一个以微电子技术、计算机技术和通信技术为先导的,以信息技术和信息产业为中心的信息革命方兴未艾。信息技术和信息产业的发展,对国民经济的发展、国家经济信息化起着举足轻重的作用,并已成为衡量一个国家发展水平的重要标志。因此,实现国家经济信息化,已成为世界各国所追求的共同目标。

为了使我国尽快实现国家经济信息化,赶上发达国家的水平,必须加速发展我国的信息技术和信息产业。其中最关键的环节就是人才的培养,尤其是计算机应用人才的培养。有了人才,才能迅速提高全社会的计算机应用水平,促进国家经济信息化水平的提高。因此,解决全民普及计算机知识,尽快提高全民族整体的计算机应用水平,已成为当务之急。各行各业、各层次人员,不论年龄与知识背景如何,都应掌握和应用计算机,解决其各自专业领域的计算机应用问题,为本职工作或专业服务,使其与国家经济信息化的需要相适应。

国家教育部考试中心为适应这一形势发展的需要,使所培养的计算机应用人才的水平有一个公正的、客观的统一标准,推出了全国计算机等级考试。这一考试,根据应试者所具有的计算机应用能力水平的不同,划分为不同等级,分别进行考核。

全国计算机等级考试共分为四级八类,其内容范围如下:

一级分为 A、B 两类,均面向文字处理和数据库应用系统操作人员。

一级 A 类要求掌握计算机基础知识、微机系统基本组成、操作系统功能和使用、字表处理软件的功能和使用、数据库应用系统的基本概念和操作。分为 DOS 和 Windows 环境,由考生任选其一。

一级 B 类要求掌握计算机基础知识、微机系统基本组成、DOS 操作系统基本知识及操作、文字处理软件 WPS 和数据库语言的操作。分为 DOS 和 Windows 环境,由考生任选其一。

二级面向使用高级语言进行程序设计的人员。要求掌握计算机基础知识、操作系统的功能和使用、数据库的基本概念及应用和具有使用一种高级语言(C 语言、PASCAL 语言、FORTRAN 语言、QBASIC 语言或数据库语言)进行程序设计的能力。

三级分为 A、B 两类。

三级 A 类面向测控领域的应用人员。要求掌握微机原理、汇编语言程序设计、微机接口技术、软件技术基础、计算机网络以及微机在测控领域的应用。

三级 B 类面向软件方面的应用人员。要求掌握计算机基础知识、数据结构与算法、操作系统、软件工程方法、数据库、计算机网络以及具有微机在管理信息系统或数值计算或计算机辅助设计方面的应用能力。

四级要求达到相当于大学计算机专业本科毕业生水平,具有计算机软件和硬件系统的设计开发能力。要求掌握计算机系统原理、计算机体系结构、计算机网络与通信、离散数学、数据结构与算法、操作系统、软件工程和数据库系统原理等方面的基础理论知识。

为推动全国计算机等级考试的健康发展,满足社会上对等级考试教材的迫切要求,全国高等学校计算机教育研究会课程与教材建设委员会组织了高等院校多年从事计算机教育的第

一线专家教授，编写了《计算机等级考试教程》系列教材，并得到机械工业出版社的大力支持与合作，使得这套教程能够及时与广大读者见面。

这套教程自 1995 年面世以来，因其涵盖一至四级完整的体系结构、深入浅出的内容以及随学随练的组织形式，赢得了读者的厚爱。这次的再版，严格按照国家教育部考试中心最新修订的全国计算机等级考试各级各类的考试大纲进行了修订。

由于计算机技术是一门迅速发展的学科及作者水平所限，这套教程肯定会有很多不足之处，衷心希望得到社会各界和广大读者的批评指正。

主编 李大友

## 前 言

为计算机等级考试编写辅导教材，是一件压力很大的事，很希望我的书能为读者带来好运。这对我来说是很不容易的！现在问题是如何才能捕捉到考试的重点及核心呢？更何况有关计算机的书籍时效性很强，前几年才出版的书，有些内容的叙述现在看起来就已经过时或落后了，甚至荒谬了！因此在广泛听取了有关人士的意见后，根据等级考试四级大纲的精神与要求，确定了编著本书的指导思想。

第一，重点在于基本概念、基本知识与基本技能，使读者通过本书的学习，掌握计算机系统组成及工作原理的全面知识，为进一步深入学习有关知识打下良好的基础；为从事应用和开发计算机技术提供了理论与技能的需要；

第二，通过知识的学习，掌握分析问题的能力，了解本门课程的特点及学习规律，就有可能对遇到的新问题找出解决的办法；

第三，力求反映新技术、新动向，以适应当前计算机发展的形势。

第四，力求适于自学。

本书是在《计算机组织与结构》一书的基础上改编而成的，该书是1992年出版的，作为教材已经有多届学生使用过，也有不少教师用过。在听取了他们的意见后，根据等级考试的一些要求，做了全面的修改，应该说比以前有了较大的进步。

由于作者水平所限，时间紧迫，必定有不妥及错误之处，诚恳地希望读者提出指正。

编 者

# 目 录

《计算机等级考试教程》再版序言

前言

## 第 1 章 概述..... 1

### 1.1 计算机的组成..... 1

#### 1.1.1 硬件组成 ..... 1

#### 1.1.2 软件组成 ..... 4

### 1.2 计算机的工作原理 ..... 5

### 1.3 计算机的分类..... 7

### 1.4 计算机系统的层次结构 ..... 9

### 1.5 计算机的应用与发展..... 10

#### 1.5.1 计算机的应用 ..... 10

#### 1.5.2 计算机的发展 ..... 11

### 练习题 ..... 12

## 第 2 章 数据与代码..... 13

### 2.1 数制 ..... 13

#### 2.1.1 二进制、八进制和十六进制 ..... 13

#### 2.1.2 二进制、八进制、十六进制与 十进制的转换 ..... 16

#### 2.1.3 采用二进制的优点 ..... 17

### 2.2 定点数及其机器中的代码 ..... 17

#### 2.2.1 原码 ..... 18

#### 2.2.2 补码 ..... 19

#### 2.2.3 反码 ..... 20

#### 2.2.4 移码 ..... 21

#### 2.2.5 无符号数 ..... 21

### 2.3 浮点数及其机器表示 ..... 21

### 2.4 十进制数在机器中的表示 ..... 23

#### 2.4.1 十进制数的编码 ..... 23

#### 2.4.2 机器中十进制数的格式 ..... 24

### 2.5 字符代码 ..... 25

### 2.6 校验码 ..... 26

#### 2.6.1 奇偶校验码 ..... 26

#### 2.6.2 海明校验码 ..... 27

#### 2.6.3 循环冗余码 (CRC 码) ..... 29

### 2.7 汉字编码 ..... 30

#### 2.7.1 汉字输入编码 ..... 30

#### 2.7.2 汉字的存储与输出 ..... 31

### 2.8 数据表示举例 ..... 31

### 练习题 ..... 33

## 第 3 章 运算方法与运算器 ..... 35

### 3.1 概述 ..... 35

### 3.2 定点加减法及其实现 ..... 35

#### 3.2.1 补码加法运算 ..... 35

#### 3.2.2 补码减法运算 ..... 37

#### 3.2.3 补码加减法的溢出 ..... 37

#### 3.2.4 反码加减法 ..... 39

#### 3.2.5 增码加减法 ..... 40

#### 3.2.6 加减法的实现 ..... 41

### 3.3 定点乘法的运算及其实现 ..... 45

#### 3.3.1 原码一位乘法 ..... 45

#### 3.3.2 定点补码乘法 ..... 47

#### 3.3.3 快速乘法 ..... 51

### 3.4 定点除法及其实现 ..... 53

### 3.5 浮点数的运算 ..... 55

### 3.6 十进制运算 ..... 57

#### 3.6.1 余 3 码运算方法及其加法器 ..... 57

#### 3.6.2 BCD 码的加法运 算及其加法器 ..... 58

### 3.7 逻辑运算 ..... 59

#### 3.7.1 逻辑操作的种类 ..... 59

#### 3.7.2 逻辑操作的实现 ..... 60

#### 3.7.3 逻辑操作的应用 ..... 61

### 3.8 运算器的组成及实例介绍 ..... 63

#### 3.8.1 运算器的基本组成 ..... 64

#### 3.8.2 浮点运算器的组成 ..... 68

#### 3.8.3 运算器举例 ..... 68

### 练习题 ..... 71

## 第 4 章 指令系统 ..... 74

### 4.1 指令与指令系统 ..... 74

#### 4.1.1 地址码格式 ..... 74

#### 4.1.2 操作码格式 ..... 75

#### 4.1.3 指令格式 ..... 76



|                                     |     |                                   |     |
|-------------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 4.2 指令种类 .....                      | 79  | 5.8.1 多道程序运行与程序再定位 .....          | 123 |
| 4.3 寻址方式 .....                      | 81  | 5.8.2 虚拟存储器的地址映像 .....            | 124 |
| 4.4 指令系统举例 .....                    | 87  | 5.8.3 虚拟存储器的的工作过程 .....           | 126 |
| 4.4.1 INTEL 8086 程序模型 .....         | 87  | 5.9 主存储器保护 .....                  | 128 |
| 4.4.2 指令格式 .....                    | 88  | 5.9.1 加界保护方式 .....                | 128 |
| 4.4.3 寻址方式 .....                    | 88  | 5.9.2 键保护方式 .....                 | 128 |
| 4.4.4 指令种类 .....                    | 90  | 5.9.3 环保护方式 .....                 | 128 |
| 4.5 指令系统的优化与发展 .....                | 93  | 练习题 .....                         | 128 |
| 练习题 .....                           | 94  | <b>第6章 中央处理机</b> .....            | 130 |
| <b>第5章 存储系统</b> .....               | 96  | 6.1 中央处理机的功能与组成 .....             | 130 |
| 5.1 概述 .....                        | 96  | 6.2 指令的执行过程 .....                 | 131 |
| 5.1.1 存储器的组成 .....                  | 96  | 6.2.1 一条指令的执行过程 .....             | 131 |
| 5.1.2 存储器的分类 .....                  | 97  | 6.2.2 指令执行的微操作流程 .....            | 132 |
| 5.1.3 存储器的主要指标 .....                | 98  | 6.3 控制方式与时序部件 .....               | 134 |
| 5.1.4 存储器系统的层次结构 .....              | 99  | 6.3.1 指令周期, 节拍周期,<br>CPU 周期 ..... | 134 |
| 5.2 半导体随机存储器 .....                  | 100 | 6.3.2 控制方式 .....                  | 134 |
| 5.2.1 基本存储单元电路<br>(也称细胞单元) .....    | 100 | 6.3.3 时序部件 .....                  | 135 |
| 5.2.2 存储器芯片的组成 .....                | 104 | 6.4 微程序技术与微程序控制器 .....            | 137 |
| 5.2.3 主存储器的组成 .....                 | 112 | 6.4.1 问题的提出 .....                 | 137 |
| 5.3 半导体只读存储器 .....                  | 113 | 6.4.2 微程序控制器的基本工作原理 .....         | 138 |
| 5.3.1 固定掩膜只读存储器(ROM) .....          | 113 | 6.4.3 微指令格式 .....                 | 139 |
| 5.3.2 一次性可编程只读存储器<br>(PROM) .....   | 114 | 6.4.4 微指令的时序与控制 .....             | 141 |
| 5.3.3 可改写的只读存储器<br>(EPROM) .....    | 114 | 6.4.5 微程序控制器举例 .....              | 143 |
| 5.4 主存储器与 CPU 的连接 .....             | 114 | 6.4.6 微程序的应用 .....                | 146 |
| 5.4.1 CPU 与主存间的信号连接 .....           | 114 | 6.5 组合逻辑控制器 .....                 | 148 |
| 5.4.2 CPU、I/O 访问主存储器<br>的工作过程 ..... | 115 | 6.5.1 组合逻辑控制器的功能分析 .....          | 148 |
| 5.5 相关存储器 .....                     | 115 | 6.5.2 微操作控制部件的组成 .....            | 149 |
| 5.6 多体存储器 .....                     | 116 | 6.6 重叠控制与流水控制 .....               | 151 |
| 5.6.1 多体并行存取 .....                  | 117 | 6.7 中断系统 .....                    | 152 |
| 5.6.2 多体交叉存取 .....                  | 117 | 6.7.1 中断的功能 .....                 | 152 |
| 5.7 高速缓冲存储器 (Cache) .....           | 118 | 6.7.2 中断种类 .....                  | 153 |
| 5.7.1 高速缓冲存储的结构与工作<br>原理 .....      | 119 | 6.7.3 中断请求的产生与排优 .....            | 154 |
| 5.7.2 地址转换的方式 .....                 | 119 | 6.7.4 中断响应与处理 .....               | 155 |
| 5.7.3 替换算法 .....                    | 121 | 6.7.5 多重中断 .....                  | 156 |
| 5.7.4 高速缓存举例 .....                  | 122 | 练习题 .....                         | 157 |
| 5.8 虚拟存储器 .....                     | 123 | <b>第7章 总线系统</b> .....             | 159 |
|                                     |     | 7.1 概述 .....                      | 159 |
|                                     |     | 7.1.1 总线的功能与组成 .....              | 159 |
|                                     |     | 7.1.2 总线的分类 .....                 | 160 |
|                                     |     | 7.2 总线控制与总线接口 .....               | 161 |

|                                           |     |                                 |     |
|-------------------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| 7.2.1 总线控制方式 .....                        | 161 | 8.7.2 多媒体关键技术 .....             | 192 |
| 7.2.2 总线的通信方式 .....                       | 162 | 8.7.3 多媒体系统的软件 .....            | 192 |
| 7.2.3 总线传送方式 .....                        | 163 | 练习题 .....                       | 193 |
| 7.2.4 总线接口逻辑 .....                        | 164 | <b>第9章 输入输出系统</b> .....         | 195 |
| 7.3 微型机中的总线系统 .....                       | 165 | 9.1 概述 .....                    | 195 |
| 7.3.1 微机总线技术的发展 .....                     | 165 | 9.1.1 I/O系统的功能与组成 .....         | 195 |
| 7.3.2 PCI总线 .....                         | 166 | 9.1.2 输入输出设备的寻址方式 .....         | 196 |
| 7.4 典型总线举例 .....                          | 169 | 9.1.3 输入输出控制方式 .....            | 196 |
| 7.4.1 串行总线RS-232C .....                   | 169 | 9.2 程序查询输入输出控制方式 .....          | 198 |
| 7.4.2 VAX-11-/780 同步底板<br>连接总线(SBI) ..... | 170 | 9.2.1 组成 .....                  | 198 |
| 7.4.3 高性能VME总线 .....                      | 171 | 9.2.2 工作过程 .....                | 199 |
| 练习题 .....                                 | 172 | 9.3 程序中断输入输出控制方式 .....          | 200 |
| <b>第8章 外围设备</b> .....                     | 174 | 9.3.1 程序中断方式的工作<br>原理及其接口 ..... | 200 |
| 8.1 概述 .....                              | 174 | 9.3.2 输入输出中断的排优 .....           | 201 |
| 8.1.1 外围设备的功能与组成 .....                    | 174 | 9.3.3 中断的响应时序 .....             | 202 |
| 8.1.2 外围设备分类 .....                        | 174 | 9.3.4 中断方式中主程序与<br>中断服务程序 ..... | 202 |
| 8.2 键盘、鼠标、触摸屏 .....                       | 175 | 9.4 直接内存访问(DMA)<br>控制方式 .....   | 203 |
| 8.2.1 键盘 .....                            | 175 | 9.4.1 DMA传送方式的特点 .....          | 203 |
| 8.2.2 鼠标 .....                            | 175 | 9.4.2 DMA传送方式 .....             | 203 |
| 8.2.3 触摸屏 .....                           | 176 | 9.4.3 DMA接口控制器 .....            | 204 |
| 8.3 显示器 .....                             | 177 | 9.5 通道输入输出控制方式 .....            | 205 |
| 8.3.1 显示器的基本组成与工作原理 .....                 | 177 | 9.5.1 通道的功能 .....               | 205 |
| 8.3.2 显示器的分类 .....                        | 178 | 9.5.2 通道的种类 .....               | 206 |
| 8.4 打印机 .....                             | 179 | 9.5.3 通道的组成与工作过程 .....          | 207 |
| 8.4.1 打印机的种类 .....                        | 179 | 练习题 .....                       | 212 |
| 8.4.2 基本工作原理 .....                        | 180 | <b>第10章 整机实例介绍</b> .....        | 214 |
| 8.5 检测控制设备 .....                          | 180 | 10.1 计算机系统性能指标 .....            | 214 |
| 8.6 辅助存储器 .....                           | 181 | 10.2 INTEL 80386 介绍 .....       | 215 |
| 8.6.1 磁表面存储的原理 .....                      | 181 | 练习题 .....                       | 224 |
| 8.6.2 磁记录方式 .....                         | 182 | <b>附录1 综合练习</b> .....           | 225 |
| 8.6.3 磁盘存储器 .....                         | 184 | <b>附录2 常用英文缩写解释</b> .....       | 245 |
| 8.6.4 磁带存储器 .....                         | 188 | 参考文献 .....                      | 246 |
| 8.6.5 光盘存储器 .....                         | 189 |                                 |     |
| 8.7 多媒体技术简介 .....                         | 190 |                                 |     |
| 8.7.1 多媒体技术的基本概念 .....                    | 190 |                                 |     |

# 第1章 概 述

本章主要是对电子数字计算机予以简要的但比较全面的介绍。其目的：一是为了在深入地学习计算机的各部分之前，能够对它有一个整体的、粗浅的认识，以便在学习过程中能更好地理解各部件的原理及性能。在进行设计和选择结构形式时，具有全面的观点；二是为了对计算机中常用的一些术语有所了解，以便在以后的章节中能够使用这些术语，更明确、更简炼地阐明问题。由此带来的好处是，在学习本书以后章节之前，大家就已具备了一些起码的知识，可以参阅有关的资料，以丰富知识，扩大眼界，更好地掌握本书的内容。

人类历史上很早就创造了许多计算的工具，如算盘。后来随着科技的发展，出现了当前世界上普遍使用的电子计算机。而电子计算机有三大类：模拟计算机是用电路之间的关系来模拟其他物理量的计算；数字计算机是对离散的数值进行计算；数字-模拟混合计算机是上述两种机器的有机结合。在某些场合，能发挥上述两种机器的特长。

由于数字计算机具有无可比拟的优点，如精度高，速度快，具有记忆和逻辑判断能力，而具有广泛的应用领域等等，已成为当前发展的主流，以后本书中所提到的计算机均是指电子数字计算机。

## 1.1 计算机的组成

电子数字计算机是一种能自动对离散量进行算术运算与逻辑运算的电子式的工具。而计算机系统由硬件和软件两部分组成。所谓硬件就是指计算机所具有的各种设备；所谓软件则是指使用这些设备的手段。举例来说，一台电话机是一个设备，也就是一个硬件。但是只有一台电话机并不能完成通话的功能，还必须有一个电话号码。只有按规定拨完了电话号码后，电话机才能工作，电话号码则是软件。硬件和软件是相互依存的两个部分，离开了一方，另一方就失去了存在的意义。随着计算机的发展，软硬件的关系也越加密切。如某些功能要求，可以由硬件实现，也可以由软件实现，而各具不同的优点。甚至还可以软硬件结合实现。

### 1.1.1 硬件组成

一般计算机的硬件结构可以分为以下几部分：运算器、控制器、存储器、输入输出部件。这4个部件之间可通过不同方式联系起来，或是采用直接通路的联接方法，如图1-1-1a所示；或是采用总线的联接方法，如图1-1-1b所示。

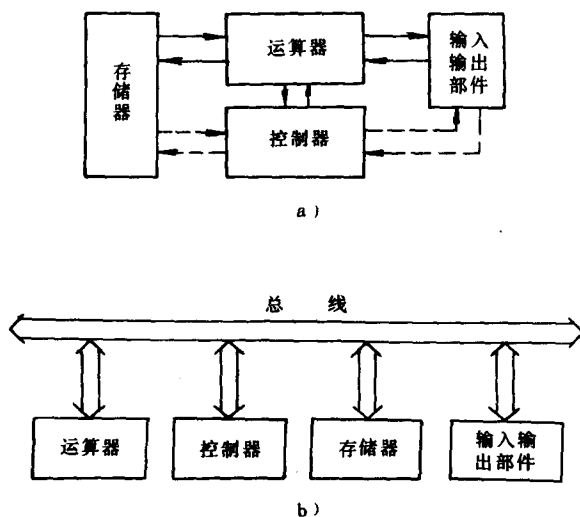


图 1-1-1 部件间的连接

## 1. 运算器

运算器是对数据进行处理的部件。不管计算机具有多强的功能，能处理多么复杂的问题，但运算器本身进行数据处理的功能只有最基本的二进制算术运算和逻辑运算。如加、减、乘、除四则运算及与、或、非逻辑运算。

运算器的硬件结构由两部分组成：一部分是算术逻辑单元，这是运算器的核心，它主要由并行加法器及其他逻辑运算部件和各种数据通路组成。由于计算机中的信息都是由二进制的代码形式表示，所以所有的部件都是完成二进制运算、寄存、传送的电子线路，如全加器的各种门电路等。运算器的另一部分是寄存器，用以存储参加运算的数据。其基本结构示意图如图 1-1-2 所示。被处理的数据分别存储在 A、B 寄存器中，参加运算时，两者同时传送至算术逻辑单元（ALU）中。其结果则送到指定的存放单元中。

运算器主要的性能是影响整个计算机系统性能的重要因素。一般而言，运算器所能并行处理二进制代码的位数通常称为机器字长。位数的多少影响了计算机的精度，位数越多，所能处理的数范围就越大，精度就越高。运算器进行基本运算的速度，将直接影响系统的速度，如早期的计算机通常用每秒进行加法的次数，或是四则运算的平均次数作为机器的速度参数，所以精度和速度就成了运算器的重要性能参数。

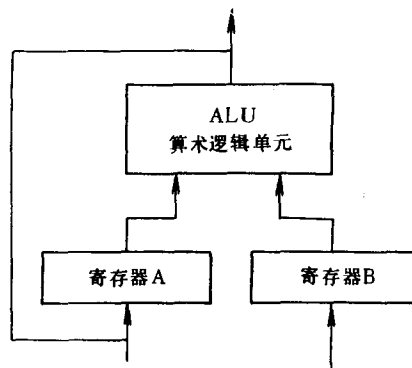


图 1-1-2 运算器结构示意图

## 2. 存储器

存储器的功能是用来存放程序和数据。程序、数据是以二进制代码形式存放的，可以统称之为信息。所以存储器也就是存储二进制代码的部件。为此希望存储器具有可靠的保存性能。也就是说信息存放其中，在不使用时能长期稳定地存储，不易丢失，不易改变。在使用时，能方便地取出、存入和修改。一个存储器的结构框图如图 1-1-3 所示。

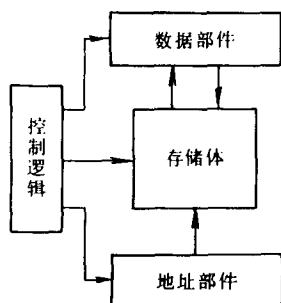


图 1-1-3 存储器结构框图

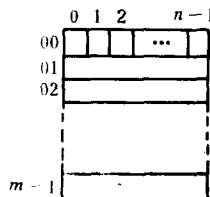


图 1-1-4 存储体示意图

(1) 存储体 是存储信息的地方，是存储器的核心部分。它是由具有两种物理状态的介质，或是具有两个输出状态的电路来寄存一位二进制代码的，如触发器的两种工作状态、磁性物质的两种磁通方向等。用多个二进制代码的记忆线路，按并行读出、存入的功能组成一个存储单元。而一个存储体是许许多多存储单元的集合。为了能有效地存、取，每个存储单

元编有一个地址。其结构示意图如图 1-1-4 所示。每一个存储单元为  $n$  位。该存储体有  $m$  个存储单元，其地址由  $00 \rightarrow m-1$ 。对于每个信息的存入和读取都可以按地址进行。为此必须有第二个部件，即地址部件。

(2) 地址部件 地址是由多位二进制数表示，称为地址码。地址部件的功能是按指定的地址码来控制某一个存储单元，使其进行读取和写入。如某信息  $X$  指定存储在地址为 02 号的存储单元中，那么当存入或读取  $X$  时，则将 02 号地址码送入地址部件，地址部件就可产生控制信息控制 02 号存储单元进行接收或发送操作。

(3) 数据部件 数据部件的功能就是暂存存储体读出或写入的信息。一方面完成读写信息的放大、整形、同步的作用；另一方面成为存储器与其他部件进行数据交换的缓冲寄存器。

(4) 控制逻辑 根据控制器发出的控制命令和时序，产生其他各部分所需的控制信号。

存储器的主要性能指标有两个：容量与速度。存储容量是指一个存储体中有多少个存储单元。也就是能存放多少信息。目前最常用的编址格式是按字节编址。所谓字节，是指 8 位二进制代码的长度称为一个字节，每一个字节对应一个地址码，因此容量的衡量单位也就是指存放字节数的多少。如 4KB, 64KB, 1MB 等。KB=千字节数，MB=兆字节数、GB=千兆字节数。存储容量越大，计算机的功能越强，处理问题的能力及范围也就越大，这是用户所希望的。存储器的速度是衡量存储性能的又一个重要指标，一般用存储周期（也称读写周期）来说明，它是指两次访问（读取或写入）存储器之间的最小时间间隔。存储周期是很重要的一个参数，在计算机工作过程中，信息是不断地在存储器与运算器之间进行传送，因此速度的大小直接影响了机器的速度。存储器的速度主要取决于存储器记忆元件的性质和存储器的结构。

### 3. 控制器

控制器的功能是控制整个计算机各个部件按照要求协调地工作。也就是说控制器必须自动地按照给定的命令要求，发出一系列控制信号，供给各个部件，使它们顺序地、相互严密配合地完成指定的功能。为此，控制信号本身应体现两个方面的性能，它应向各部件指明：应该执行什么操作？什么时间做？这就要求控制器的基本构成应包括指令部件、定时部件。图 1-1-5 给出了其结构框图。

(1) 指令部件 所谓指令，就是一组二进制代码，它指出了计算机所能执行的基本操作。这是面向机器的命令，也称为机器语言。每个计算机在系统设计时都已指明机器所能完成的操作，如加法指令、传送指令、转移指令等等。用户可以根据自己解题的要求，运用指令编写程序。控制器的指令部件，就是对用户所用的指令进行解释，并转变为各个部件所需的控制信号。

(2) 定时部件 计算机是严格按照规定的时间进行操作的。一条指令的执行是通过许多部件按照先后次序进行指定的操作来完成的，对于这种严格的时间关系，称之为定时。定时是由机器的时钟脉冲来保证的，定时部件根据机器的时钟脉冲发出全机所需的具有先后次序的定时信号。各个部件可在各个不同的定时信号控制下工作。

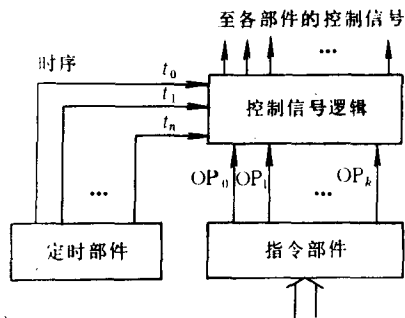


图 1-1-5 控制器结构框图

(3) 控制信号逻辑 它根据指令的操作要求和时序先后的要求, 将“做什么”、“什么时间做”两个参数进行综合, 产生出所需的控制信号, 送往各个部件。

控制器、运算器两者统称为中央处理器 (CPU-Central Processing Unit)。目前广泛应用的微型计算机系统的特点之一就是 CPU 集成在一块芯片上。CPU 的结构、性能是计算机系统设计者最关注的问题之一。

#### 4. 输入输出部件

输入输出是完成人、机联系的部件。把人们解决问题的步骤与数据通过输入设备送入机器; 又要把机器计算的结果通过各种人们希望的形式送出来。完成输入输出的设备多是电子、机械、声光的设备, 如打印机、显示器、键盘、磁盘、光盘等等。这些设备各具有自己的结构特点、工作速度、信息形式、信息传送方式。它们与计算机之间的联系必须通过一个接口部件进行匹配。所以输入输出设备部件应包括两部分: 一部分是设备本身; 另一部分是接口部件。

随着计算机应用的发展, 用户关心的除了计算机精度、速度、容量等主要性能外, 就是其输入输出设备。人们要求机器的使用更加方便, 更加有效, 更加实用、美观。目前可以与计算机连接的外部设备是多种多样的, 旧的不断淘汰, 新的不断出现, 多媒体技术的发展, 使计算机的应用进入了一个新的时期。

#### 5. 总线

以上说明了计算机组成的 4 个部件。它们之间的联系方式, 目前广泛应用的就是总线连接方式, 所谓总线就是指信息传送的一组公共通路。各部件都只与总线连接, 参见图 1-1-1b。它们的信息发送和接收也只与总线有关。如运算器的结果要发送给存储器, 它可以将结果送到总线上, 以后再发出控制信号, 这时在总线上的所有部件都有可能收到这个运算结果, 但因为控制信号只发给了存储器, 所以也只有存储器来接收。这种总线的方式使部件之间的联系比较规整, 减少了接线, 同时也使部件的增减变得容易了。例如, 当需要再增加一些部件时, 只要这些部件的信息发送与接收能满足总线的规定要求就可以了。这给计算机的生产、应用带来了极大的方便。与直接相联比, 总线连接方式的缺点是速度低, 并增加了一些总线的控制逻辑。

### 1.1.2 软件组成

计算机硬件结构只是计算机组成的一半, 另一半是软件。所谓软件就是指各种各样的程序, 这些程序是解决各种问题的步骤, 用指定的语言格式把它写出来, 就称之为程序。当计算机装备上各种程序后, 它就具有了十分奇妙的功能。

#### 1. 程序语言

人们利用程序语言, 把自己需要解决的问题步骤写出来, 这就叫编制程序。对于人们来说, 最希望的是自然语言, 或是所习惯的专业语言。但是程序是需要由机器执行的, 那么这些语言就必须让机器能够识别并执行, 这就产生了极大的矛盾, 因而也就产生出各种各样的程序语言。

(1) 机器语言 即机器的指令系统, 各条语句都用二进制编码书写, 机器能够识别。然而人们应用起来却十分困难。对冗长的二进制编码难以记忆, 难以识别。

(2) 汇编语言 基于机器语言, 用符号代替二进制编码, 这大大改善了用户使用的条件, 给用户提供了方便。如用 ADD 表示加操作; MOV 表示传送操作等等。虽然汇编语言把指令

中所要表达的含义，用各种不同的、但是便于人们记忆的符号表示出来，但是它还是与机器指令系统一一对应，是一种面向机器的语言，使用起来还是比较麻烦。

(3) 高级语言 是一种面向问题的语言，人们可以很容易接受这种语言格式。利用它可以方便地书写自己的程序。因为要解决的问题类型是多种多样的，高级语言的种类也是很多的，如 BASIC、FORTRAN、COBOL、PASCAL、C 语言等。

不管是高级语言，还是汇编语言，机器都不能直接识别。用这种语言编写的程序，称为源程序。必须将高级语言转换成机器语言，计算机才能识别和执行。这种机器语言的程序称为目标程序。执行高级语言的方式有两种。第一种方式是将源程序通过一个编译程序，将其编辑、翻译成机器语言的目标程序，并将此目标程序提供给机器执行。高级语言的编译程序也称编译器 (Compiler)。编译汇编语言的称程序汇编器 (Assembler)。每一种语言都有它自己的编译程序。第二种方式是不生成目标程序，只是根据高级语言的语句逐条解释，机器逐条执行。如汇编、BASIC 都可以解释执行。完成这种功能的程序称为解释器。语言的处理程序，是系统软件之一。

## 2. 操作系统

操作系统是一组软件，它们的功能是用来控制和管理计算机所具有的各种资源，主要分为两部分：一是对计算机所有的资源进行调度、管理、监督，使它们尽可能地充分发挥其作用，彼此之间能保持协调、高效。所谓资源，是指计算机系统在处理机、主存储器、各种外部设备、各种配置的软件。二是为用户使用计算机提供监控手段和服务的条件，使用户能很方便地使用机器的各种功能，并能有效地监督和控制机器的工作。操作系统本身的性能直接影响了机器性能的发挥。一台机器虽有性能很好的硬件结构，但如果配置了一个不良的操作系统，用户使用起来也将感到困难、别扭，甚至感到速度很慢。在发展中，优秀的操作系统不断出现，为广大用户所欢迎，目前被许多机器普遍采用的有 DOS 系统、WINDOWS、OS/2、UNIX 系统、等。

## 3. 实用程序 (工具程序)

为了使用者更容易而方便地使用计算机，目前机器都提供一些实用程序，帮助用户作了许多工作，所以这些实用程序亦称为工具软件或服务程序，如用于程序输入和调试过程中需要修改整理的编辑程序、调试程序、故障检测与诊断程序、杀病毒程序等等。

## 4. 数据库管理程序

在处理大量数据时，需要建立数据库，为了便于用户建库并查询、显示、修改库中内容，对库中数据输出打印、建表、统计等等，目前出现了各种数据库的管理程序，如：dBASE、Fox-Pro、ORACLE 等。

## 5. 应用程序

以上前三种程序是计算机系统本身配置的，所以称为系统软件。在用户使用时还要输入用户的源程序，称为应用程序。当前为给用户方便，许多常用的通用软件已形成商品，或组成一个软件包，随计算机系统一起出售，如工资管理、财务管理、人事档案管理等软件。

# 1.2 计算机的工作原理

计算机的硬件结构所完成的功能，只是一些最基本的操作，如加、减、与、或、传送、比较等等。而需要计算机处理的问题却是多种多样的，十分复杂的，如科学计算、数据处理、事

务管理、实时控制等。这样就必须把需要解决的问题转换为机器所能识别的操作。首先要对问题进行算法分析, 将其转换成计算机所能解决的形式, 根据这个分析, 制定好解决问题的步骤, 将这些步骤利用高级语言编写成源程序, 通过机器中的编译或解释变成机器指令, 这样计算机就可以识别和执行了, 其过程可由图 1-2-1 表示。本书只是说明机器执行目标程序的过程。

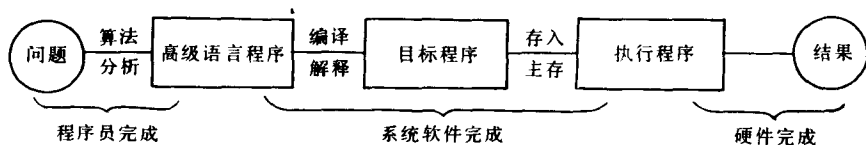


图 1-2-1 计算机解题过程示意

每个机器都有自己的指令系统。指令系统就是指所有指令的集合, 说明了指令格式与种类。一般的指令格式为:

|     |     |
|-----|-----|
| 操作码 | 地址码 |
|-----|-----|

操作码: 它指出操作的性质, 用二进制编码表示, 如加、减、移位、转移等。

地址码: 指明参加操作的数据存储的位置。

假设某一机器具有下列一些指令:

| 操 作 | 操作码 | 操 作 说 明                       |
|-----|-----|-------------------------------|
| 加法  | 000 | 地址码所指出的数与运算器中的数进行加法, 结果放在运算器中 |
| 除法  | 010 | 地址码所指出的数除以运算器中的数, 结果放在运算器中    |
| 取数  | 101 | 将地址码所指定的数取到运算器                |
| 送数  | 110 | 将运算器的数送到地址码所指定的存储单元中          |
| 减法  | 001 | 其操作类似加法                       |
| 乘法  | 011 | 其操作类似除法                       |

如果要在该计算机上进行如下运算:

$$f = a + b/c$$

需要按照人们解题的步骤编写程序, 解题步骤应该是:

- 第 1 步: 取 b 数;
- 第 2 步: 取 c 数与 b 数相除, 并记录结果;
- 第 3 步: 取 a 数;
- 第 4 步: 取 b/c 的结果与 a 相加;
- 第 5 步: 送结果。

把上述步骤用指令表达出来就是程序。在写程序之前, 要先将所涉及的数据存到内存的已知存储单元中或给中间结果, 最终结果指定存储单元, 如:



| 内存地址 | 数据      |
|------|---------|
| 0010 | a       |
| 0011 | b       |
| 0100 | c       |
| 0101 | f (b/c) |

程序如下：

|      |     | 操作码 | 地址码  | 指令地址 |
|------|-----|-----|------|------|
| ① 取数 | b   | 101 | 0011 | 1000 |
| ② 除法 | c   | 010 | 0100 | 1001 |
| ③ 存数 | b/c | 110 | 0101 | 1010 |
| ④ 取数 | a   | 101 | 0010 | 1011 |
| ⑤ 加法 | b/c | 000 | 0101 | 1100 |
| ⑥ 存数 | f   | 110 | 0101 | 1101 |

程序编写好后也要存放在存储器中，如放在以 1000 为首的地址区域中。之后，可以启动机器，在计算机控制器的控制下逐条按顺序地执行这段程序，从而得到结果。

从以上说明来看，计算机具有几个主要特点：

1) 计算机的工作是存储程序，顺序执行，以此保证处理信息过程的自动化。在存储器中仅存放了数据，也存放了程序，即解题的步骤。只要启动机器工作，它就可以按照指定的步骤顺序地、自动地、一条一条地执行指令。这种存储程序的概念是冯·诺依曼提出的，他奠定了迄今为止占有主导地位的计算机的结构形式。

2) 计算机中存储的都是二进制编码的数字化信息。不管是指令、数据还是地址，都是用二进制的编码来表示。目前所能处理的各种形式的信息，如语言、文字、图形、声音等都可以用二进制编码表示，也统称为数据。数据和指令在计算机中，形式上没有什么不同，只能以存放的地址不同来识别它，因而存储器中有指令区和数据区之分，这也是冯·诺依曼结构的特点之一。

3) 计算机具有运算、逻辑判断、记忆的基本功能。不管是什么类型的问题，不管是简单还是复杂的问题，都可以通过成千上万次地重复这些简单的、基本的功能来完成。

4) 计算机是由高速高集成度的电子器件组成，从而保证了基本操作的高速度；保证了计算机结构的可行性和实用性。

因为有了以上四个特点，则使计算机具有通用性强、精度高、速度快的优点。从而能广泛地应用于社会建设的各个方面。

### 1.3 计算机的分类

计算机按不同的原则可以有多种分类的方法，在此只介绍以结构形式的分类法。

在程序执行的过程中，计算机中只有两种类型的信息在流动，即控制指令和被处理的数据，形成了指令流 (Instruction Stream) 和数据流 (Data Stream)。指令流是指处理机在执行