

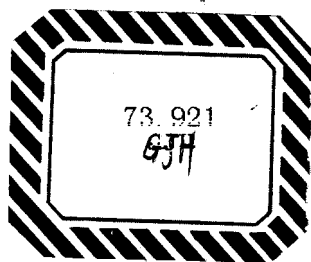
计算机组成原理

高建华 主编



计算机组成原理

高建华 主编



中国纺织大学出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍计算机硬件系统中各个组成部件的工作原理、逻辑实现、设计方法以及整机系统的有关技术问题。

本书共分七章,主要内容有:概述计算机系统的基本组成;数码信息的表示方法,数制与码制及其变换方法;运算器与运算方法;存储系统的组成原理;指令系统及指令执行过程;控制器组成原理,并通过一台模型机系统地介绍组合逻辑控制器与微程序控制器的原理与设计;外围接口基础,重点介绍接口、中断、DMA、通道及I/O处理机等。

本书可作为高等院校计算机专业《计算机组成原理》教材,也可作为从事计算机工作的科技人员的参考书。

责任编辑 顾家珍
封面设计 周 新

计算机系列教材

计算机组成原理

高建华 主编

中国纺织大学出版社出版

(上海市延安西路1882号 邮政编码:200051)

南京理工大学激光照排公司照排

新华书店上海发行所发行 上海市印刷十厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12 字数:30万

1998年2月第1版 1998年2月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-81038-127-X/TP·05

定价:19.80元

前言

经全国五所纺织院校计算机教学研讨会商定,由中国纺织大学、天津纺织工学院、浙江丝绸工学院、郑州纺织工学院和武汉纺织工学院共同编写计算机系列教材,并由中国纺织大学出版社推荐出版。首期编写并推出的四本教材分别是:《计算机组成原理》、《计算机网络技术》、《数据库应用技术》和《多媒体技术原理及应用》。

本系列教材具有以下特色:内容新颖,实用性强,概念清晰,通俗易懂,层次配套。此外,教材每章均配有相应的习题,以帮助读者掌握、巩固。

本系列教材适合高等院校计算机应用专业、计算机培训班以及其他正在从事或即将从事计算机有关专业人员学习参考。

《计算机组成原理》由高建华担任主编。第一章、第五章由高建华编写;第二章由韩春利编写;第三章由路澄编写;第四章由庄国瑜编写;第六章由许建龙编写;第七章由李中东编写。本书由高建华审校定稿,第一、二、三、五章的图稿均由高建华完成。

中国纺织大学谢驹谟教授仔细地审阅书稿,提出了许多宝贵而重要的意见。上海交通大学白英彩教授对书稿内容、体系安排提出了指导性的意见。本书的编写得到了全国各纺织院校的鼎力支持,尤其是得到了中国纺织大学教务处在经费上的资助,在此谨向他们表示诚挚的感谢。限于我们的水平与经验,书中欠妥之处在所难免,敬请专家和广大读者不吝赐教。

编 者

一九九七年十二月

目 录

第一章 概论	1
1.1 计算机的发展历史	1
1.2 计算机系统的基本组成	3
1.3 计算机系统的硬件组成	4
1.4 计算机系统的软件组成	8
1.5 计算机系统的层次结构	9
1.6 计算机的特点与性能指标.....	11
习题一	12
第二章 数码系统	13
2.1 进位计数法.....	13
2.2 带符号数的表示.....	18
2.3 数的定点表示.....	24
2.4 数的浮点表示.....	26
2.5 补码运算基础.....	30
2.6 字符的表示.....	33
2.7 校验码.....	35
习题二	44
第三章 运算器与运算方法	46
3.1 算术逻辑运算基本部件.....	46
3.2 逻辑运算.....	56
3.3 定点加、减运算	57
3.4 定点乘法运算.....	62
3.5 定点除法运算.....	71
3.6 浮点运算.....	75
习题三	78
第四章 存储系统	80
4.1 存储系统概述.....	80
4.2 半导体存储器.....	82
4.3 存储系统组织.....	89
4.4 磁表面存储器.....	99
4.5 光盘存储器	110
习题四.....	115

第五章 指令系统	117
5.1 指令格式	117
5.2 信息的存储结构与存取方式	118
5.3 地址结构	119
5.4 寻址方式	120
5.5 指令的类型及功能	124
5.6 操作码的编码	127
5.7 RISC 技术	129
习题五.....	131
第六章 控制器	133
6.1 中央处理器的总体结构	133
6.2 控制器的组成	136
6.3 控制方式与时序	139
6.4 一台模型机的总体设计	143
6.5 微程序控制器的原理	145
6.6 微程序控制器设计	147
6.7 组合逻辑控制器	157
习题六.....	161
第七章 外围接口基础	162
7.1 外围接口的演变过程	162
7.2 程序查询方式	163
7.3 中断方式	165
7.4 DMA 方式	173
7.5 通道方式	178
习题七.....	185
参考文献	186

第一章 概 论

《计算机组成原理》主要研究以下两个内容：

- 组成计算机的各个功能部件的原理与结构；
- 由各功能部件组成的系统。

在本章中，我们先简要介绍计算机的发展历史、计算机系统的基本组成、计算机系统的层次结构、计算机硬件系统的组成、各主要部件的功能以及计算机的特点与性能指标。

1.1 计算机的发展历史

电子数字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。自从 1946 年美国宾夕法尼亚大学 W·Mauchly、J·P·Eckert 两位教授研制第一台计算机 ENIAC(Electronic Numerical Intergrator And Calculator)以来，计算机的发展已经历了五代。一般认为：

第一代(1946 年~1959 年):电子管计算机

主要特点:逻辑元件—电子管

主	存—磁鼓
辅	存—磁带
软	件—机器语言、符号语言
应	用—科学计算

主要成就：

1946 年 6 月美国数学家、普林斯顿大学教授冯·诺依曼(John Von Neumann)发表了一篇《关于电子计算机逻辑设计的初步探讨》的论文。该文提出了计算机组成和工作方式的基本思想，要点可以归纳如下：

(1) 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计算机系统。

(2) 五大部件的功能是：

- ① 存储器能存放数据、指令，并能区分它们；
- ② 控制器应能自动执行指令；
- ③ 运算器应能进行加、减、乘、除等基本运算及附加操作；
- ④ 操作人员可以通过输入、输出设备和主机进行互相通信。

(3) 计算机内部采用二进制表示指令和数据。每条指令一般具有一个操作码和一个地址码，其中操作码表示运算性质，地址码指出操作数在存储器中的位置，由一串指令组成程序。

(4) 计算机工作采用存储程序方式工作。这是冯·诺依曼思想的核心内容。它意味着事先编制好程序，将程序和数据存入主存储器中，计算机在运行程序时就能自动地、连续地从存储器中依次取出指令、分析指令并执行指令，而无需人工干预。

计算机的这种工作方式可称为控制流(指令流)驱动方式,即按照指令的执行序列,依次读取指令、分析指令和执行指令。因此,在执行程序的过程中,始终以控制信息流为驱动工作,而数据信息流则是被动地被调用处理。

第二代(1959年~1964年):晶体管计算机

主要特点:逻辑元件—晶体管

- 主 存—磁芯
- 辅 存—磁盘
- 软 件—高级程序设计语言、操作系统
- 应 用—除科学计算外,已应用于数据处理、过程控制

主要成就:

(1) 首次将晶体管用于计算机,克服了第一台计算机的体积大而笨重、造价高、功耗大和不稳定等缺陷。晶体管是1947年贝尔实验室的W·Shockly, J·Bardeen和W·H·Brattain为核心的固体物理研究小组研制成功的。

(2) 发明了高级语言。1956年美国国防部发明了第一个专用的高级语言Ada语言。1957年IBM公司的Backus发明了FORTRAN高级语言,主要用于科学计算。

(3) 计算机兼容问题的产生。包括硬件兼容和软件兼容。

第三代(1964年~1970年):集成电路(IC)计算机

主要特点:逻辑元件—集成电路(IC)

- 主 存—磁芯
- 辅 存—磁盘
- 软 件—高级程序设计语言、操作系统
- 应 用—科学计算、数据处理、过程控制

主要成就:

(1) IBM公司首次提出了系列机的概念,圆满地解决了计算机兼容问题,典型代表是IBM360系列机。

(2) 控制器设计使用微程序控制技术,使控制器的设计规整化。

第四代(1971年~至今):大规模/超大规模集成电路(LSI/VLSI)计算机

主要特点:逻辑元件—大规模/超大规模集成电路(LSI/VLSI)

- 主 存—LSI/VLSI芯片
- 辅 存—磁盘
- 软 件—高级程序设计语言、操作系统
- 应 用—科学计算、数据处理、过程控制,并进入以计算机网络为特征的应用时代

主要成就:

1971年美国Intel公司成功地研制出了I4004微处理器芯片。从此,随着LSI/VLSI技术的发展,微处理器每隔二三年就有一个新的产品问世,至今已发展到486、586微处理器。

注:根据集成度的不同,集成电路可以区分为以下五种:

- ① 由1—10个晶体管集成的电路称为小规模集成电路(SSI);
- ② 由10—500个晶体管集成的电路称为中规模集成电路(MSI);
- ③ 由500—10000个晶体管集成的电路称为大规模集成电路(LSI);

④ 由 10000 个以上晶体管集成的电路称为超大规模集成电路(VLSI);

⑤ 由 50000 个以上晶体管集成的电路称为甚大规模集成电路(SLSI)。

因此,如果说第二代电子计算机是由于晶体管代替电子管,是由于元件革命所引起的飞跃,那么,第三代、第四代电子计算机的产生的根本因素则是由制造工艺的革新即集成电路工艺所引起的。

第五代(20 世纪 80 年代开始到将来):第五代计算机

自从 70 年代初第四代计算机问世以来,许多科学家一直预测着第五代计算机将朝哪个方向发展,综合起来大概有以下几个研究方向:

- (1) 人工智能计算机;
- (2) 巨型计算机;
- (3) 多处理机;
- (4) 激光计算机;
- (5) 超导计算机;
- (6) 生物晶体计算机(DNA 计算机)。

1.2 计算机系统的基本组成

1.2.1 计算机系统的组成

计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件是指构成计算机系统的设备实体,它包括运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备等五大部件。软件是指各类程序和文件,它包括系统软件、应用软件和文件。其结构图如图 1.1 所示。

硬件是物质基础,没有硬件或没有良好的硬件支持,就谈不上软件的执行或高效率软件的编制。反之,如果没有软件或没有良好的软件,计算机就无法工作或不能高效率地工作。指令系统反映了一台计算机的主要功能,它是软、硬件之间的界面,既是硬件设计的出发点,也是编制程序的依据。

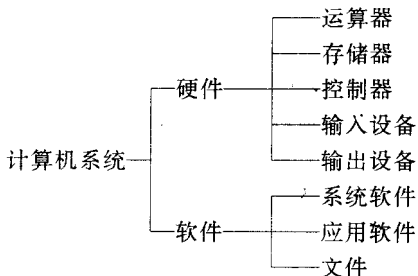


图 1.1 计算机系统的基本组成

1.2.2 数字化信息处理

计算机基本功能是进行数字化信息处理。它的主要含义包括:

1. 信息如何表示

从硬件的角度,信息的表示问题可以归结为采用何种形式的信号,如穿孔、磁记录、电信号等。从软件的角度,信息的表示问题可以归结为采用何种格式表示数据或程序信息,如进位计数制、码制、指令格式、程序设计语言等。从更高的层次,信息的表示还可归结到对复杂问题的描述,乃至对知识的表达。

2. 信息如何存储

从硬件上,需要研究能够保存信息的各种物理机制,如用特定的电路保存信息或用磁化状态保存信息。在软件上,需要确定被存储信息的组织结构,如数据、记录、文件的格式以及它们的数据结构等。

3. 信息的变换

在硬件上,输入设备将输入的信息变换为计算机直接能够识别的信息形式,输出设备则将计算机的处理结果或计算机保存的信息,变换为人们能够识别的信息。在软件上,信息变换包括数制转换、码制转换、语言编译等。

4. 信息的传送

程序和原始数据的输入,计算结果的输出,计算机系统内各功能部件间的通讯,计算机与计算机之间的网络通讯等都属于信息的传送。从指令执行的角度,计算机内部存在着三大信息流的传送,即:控制流、数据流和地址流。

5. 信息的加工处理

计算机的运算处理可分为算术运算和逻辑运算两大类型。在计算机中,一般设置一个或多个运算部件,通过软件的支持来实现各种复杂的信息加工处理任务。

6. 对上述过程的控制

在硬件方面,为了使计算机能按程序要求有序地实现上述功能及其有机组合,就需要一个控制器。这就归结到在计算机内以什么形式表示它的各种控制命令信息,以及如何根据指令的要求有序地发出这些控制命令,以便协调指挥各部分的工作,实现有关的操作。在软件方面,为了使计算机系统的功能不断增强,要为其配置开发许多有用的程序,它们和硬件设备构成了可供我们使用的软硬件资源,由操作系统一类的管理程序统一调度管理各种软硬件资源,以提高系统的运行效率。

1.3 计算机系统的硬件组成

图 1.2 表示电子计算机的基本硬件组成。典型的电子计算机硬件由五大部件组成,即运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备。

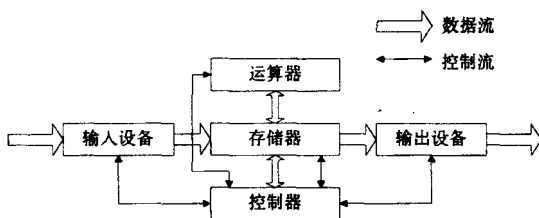


图 1.2 电子计算机的硬件结构框图

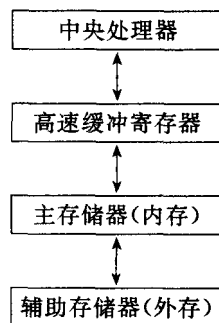


图 1.3 三级存储体系

1.3.1 硬件组成部件及功能

1. 存储器

存储器是用来存储程序和各種数据信息的部件。在计算机系统中,存储体系往往分为若干级,图 1.3 所示是常见的三级存储体系。

中央处理器(CPU)能按存储单元地址直接访问主存储器。增加高速缓冲存储器(Cache)的目的是为了提高信息的存取速度,解决 CPU 与主存之间速度不匹配的矛盾。增加辅存的目的是弥补主存容量不足。

目前可作为存储器的有半导体集成电路、磁表面记录介质等。半导体集成电路可以用作主存，磁表面记录介质则用作辅存，包括磁盘、磁带等。

2. 运算器

运算器是执行算术运算和逻辑运算的部件，又称为算逻部件 ALU。它的任务是对信息进行加工处理。运算器的核心是加法器。其逻辑结构如图 1.4 所示。

运算器的结构包含：加法器、移位门、输入选择门和通用寄存器组等。加法器完成算术运算和逻辑运算。移位门将运算结果左移或右移，实现移位操作和乘除运算。输入选择门根据控制条件决定由哪个操作数参加运算。通用寄存器组可以提供参与运算的操作数，并存放运算结果。

功能较强的计算机具有专门的乘除部件与浮点运算部件。但这些部件也是以加法器为核心，再增加一些移位逻辑与某些控制逻辑。

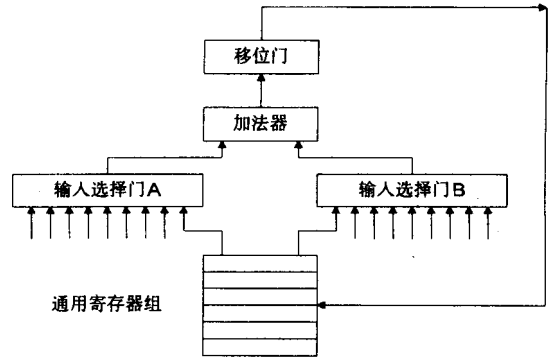


图 1.4 运算器逻辑图

3. 控制器

控制器产生各种控制信号以控制整个计算机有条不紊地工作，即决定在什么时间根据什么条件做什么事情。

从指令执行的角度看，计算机的整个工作过程可以归结为：取指令、分析指令和执行指令这三个过程周而复始的工作。我们知道，指令的格式由两部分组成，即操作码和地址码。因此，控制器应由下列四个部件组成：指令控制部件、地址形成部件、时序信号产生部件和微操作序列形成部件。

(1) 指令控制部件

该部件主要完成以下几个任务：

- ① 保证指令的顺序执行——程序计数器(PC)或指令指针(IP)；
- ② 保存现行指令——指令寄存器(IR)；
- ③ 编码形式的操作码变换为电位控制信号——指令译码器(ID)。

以上说明指令控制部件由程序计数器、指令寄存器和指令译码器组成。

(2) 地址形成部件

该部件的任务为：

- ① 计算操作数的有效地址——数据地址；
- ② 计算程序转移地址——指令地址。

(3) 时序信号部件

该部件产生计算机中各个部件所需的各种时序信号，如图 1.5 所示。

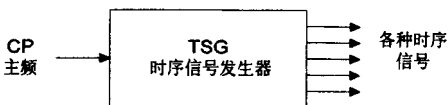


图 1.5 时序信号部件

(4) 微操作序列形成部件

该部件的功能是将指令译码器译出的信号与时序信号部件产生的各种时序信号进行逻辑综合，生成计算机中各个功能部件所需的所有微操作信号。

按形成微命令的方式来分，控制器的结构有两种类型：组合逻辑控制器和微程序控制器。前者是用组合逻辑电路产生微命令，后者则将所需

的微命令编成微程序,事先存放在控制存储器中。

控制器和运算器合称为中央处理器(CPU),CPU 加上存储器就构成了计算机的主机。

4. 输入设备

功能:把参加运算的数据和程序送入主机,并将它变换为机器能识别的信息。

常用设备:键盘、鼠标、磁盘、A/D 转换器、光笔、图形输入器、视频摄像机等。

5. 输出设备

功能:把计算机的处理结果以能为人们接受的或能为其它机器所接受的形式送出。

常用设备:打印机、显示器、磁盘、D/A 转换器、绘图仪等。

输入设备和输出设备又称 I/O 设备,而输入设备、输出设备及外存又统称为外围设备。

1.3.2 总线

总线结构

谁了解我内心、痛苦

1. 总线的定义

目前,大多数计算机都采用总线结构,通过总线把计算机各个硬件组成部件连接起来,组成一个计算机硬件系统。

总线是一组能为多个部件共享的公共信息传送线路,可以分时地接收和发送多个部件的信息。简单地说,总线是一组有多个部件分时共享的传送线路。所谓共享,就是总线上可以挂接多个部件,它们之间可以通过这一公共线路传送信息。所谓分时,因为同一簇总线在同一时刻只能接受一个部件作为发送源,否则就会发生冲突,所以各次传送需要分时占用总线。

采用总线结构使得计算机系统的扩展容易,但需分时传送数据信息,控制复杂。

2. 总线的分类

总线在传送数据格式上可采用串行传送和并行传送。能一次并行传送的数据位数被定义为总线的通路宽度,而单位时间能传送的数据量被定义为总线的传送率。

(1) 总线按任务分,可以分为四种,即:

① CPU 内部总线。用来连接 CPU 内的各个寄存器与算术逻辑运算部件。

② 部件内总线。用来传送部件内部的信息。

③ 系统总线。用来在系统内连接各大组成部件,如 CPU 和主存通过接口连接各 I/O 设备,因此它是连接整机系统的基础。系统总线包括地址总线、数据总线和控制总线。总线的典型结构是针对系统总线而言。

④ 外总线。系统与其他设备或系统之间的通讯总线。

(2) 总线按信息的传送方向可以分为二种,即:

① 单向总线。只能从一个方向传送到另一个方向。

② 双向总线。可以从一个方向传送到另一个方向,反之亦然。但同一时刻信息的传送方向必须一致。

(3) 总线按信息的类型可以分为三种,即:

① 控制总线。传送各种控制信息,它可以是单向,也可以是双向的。

② 数据总线。传送程序和数据,它是双向的。

③ 地址总线。传送主存的地址和/或外围设备的地址,它是单向的。

3. 总线的典型结构

计算机系统通常采用的总线结构有下列几种:

(1) 以 CPU 为中心的双总线结构,

其逻辑结构如图 1.6 所示。

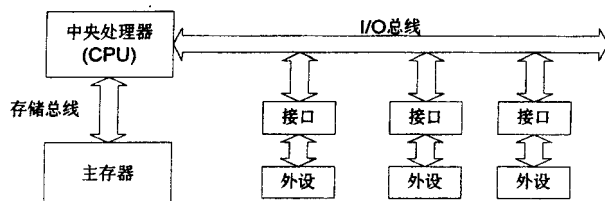


图 1.6 以 CPU 为中心的双总线结构

存储总线用于 CPU 与主存储器之间传送信息的通路。I/O 总线则用于 CPU 与 I/O 外设之间的信息传送通路。

采用这种总线结构的优点：

- ① 结构简单；
- ② 对总线的数据传送速率要求相对低一些。

采用这种总线结构的缺点：

- ① 主存与外设之间没有直接的通路，必须通过 CPU；
- ② 在进行 I/O 数据传送时，CPU 效率不高。

(2) 单总线结构

其逻辑结构如图 1.7 所示。

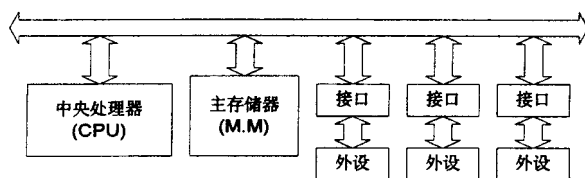


图 1.7 单总线结构

采用这种总线结构的优点：

- ① 以单一的一组总线连接系统的所有的部件，各部件直接都通过单总线以异步应答方式双向传送信息；
- ② 主存与外设统一编址，控制方便，易于扩展外围设备；
- ③ CPU 的内部处理可以与外设、主存之间的信息传送并行工作。

采用这种总线结构的缺点：

- ① 总线的负载太重；
- ② 信息的吞吐量受到限制。

(3) 面向存储器的双总线结构

为了克服单总线结构的总线负载太重的缺点，在主存储器与中央处理机之间开辟一组高速存储总线。其逻辑结构如图 1.8 所示。

采用这种总线结构的特点：

- ① 在主存上有两个口子，一个通过高速主存总线与 CPU 直接连接起来，专供主存与 CPU 交换信息；另一个口子与原来的单总线相连，实现 CPU 与 I/O、主存与 I/O 外设之间的信息交换；
- ② 主存是系统的中心；

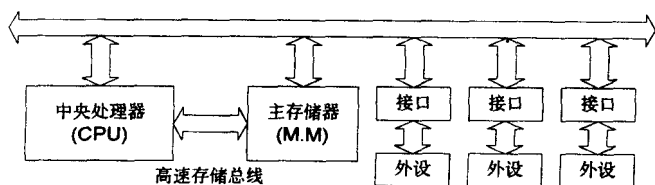


图 1.8 面向存储器的双总线结构

③ 这种结构吸取了前两种总线结构的优点，但硬件代价有所增加。

(4) 微型计算机系统的典型结构

现有的微型计算机系统多采用单总线结构，其结构图如图 1.9 所示。

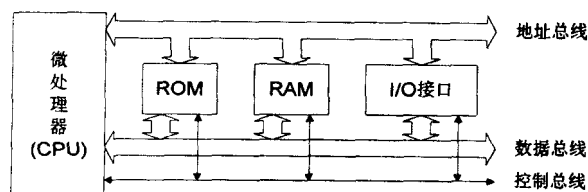


图 1.9 微型计算机系统的典型总线结构

(5) 采用通道或 I/O 处理机的大型总线结构

大、中型计算机系统的构成思想着重于系统功能的扩大与效率的提高，表现在 CPU 内部采取多个运算处理部件，采用多级存储体系，主存储器采用多存储体交叉访问体制，外围设备的种类与数量增多，系统软件庞大等。

图 1.10 给出了大、中型计算机的一种典型的总线结构，在系统连接上大致可分为主机、主存、通道、I/O 控制器、I/O 设备等。

由于主存储器的负荷太重，在 CPU 与主存之间、主存与 I/O 设备之间，都需要有各自的传送通路。

随着外围设备的增多，为了使 CPU 与 I/O 外设之间速度匹配，并使 CPU 工作与 I/O 操作平行，在大、中型计算机系统中常设置通道作为一种专门用来管理 I/O 操作的控制部件。这是计算机系统结构发展的又一项重要措施。

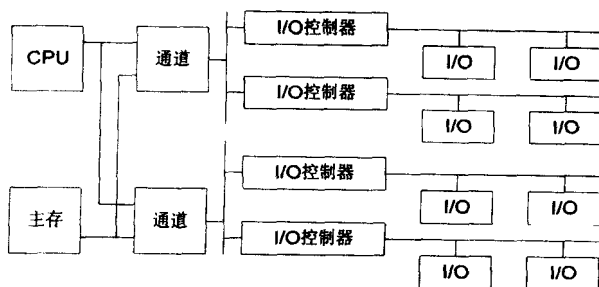


图 1.10 大中型计算机的一种典型的总线结构

1.4 计算机系统的软件组成

软件(Software)是指计算机系统中使用的各种程序和文件。软件看不见、摸不着，但它可

以表示在穿孔卡片、磁盘或磁带等各种物理介质上。图 1.11 给出了计算机系统的软件组成。

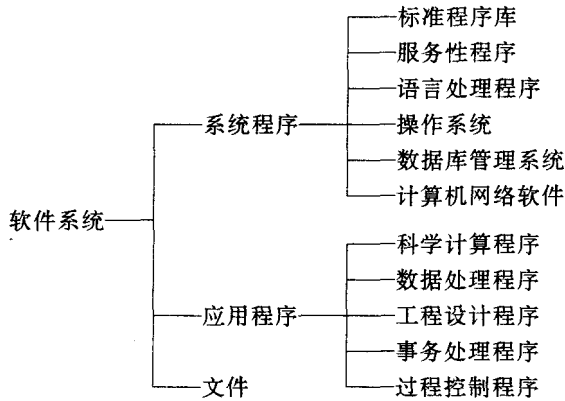


图 1.11 计算机系统的软件分类

整个软件系统按其功能可分为系统程序和应用程序两大类。系统程序(又称系统软件)的主要功能是对整个计算机系统(其中包括软件系统本身)进行调度、管理、监视及服务，使系统的资源得到合理调度和有效使用。应用程序也称应用软件，它是计算机用户在各自的业务系统中开发和使用各种程序。应用程序通常是针对某个具体问题而编制的，种类繁多，名目不一。

1.5 计算机系统的层次结构

1.5.1 层次结构模型

计算机系统以硬件为基础，通过配置软件扩充功能，形成一个复杂的有机组合的系统。我们常采用一种层次结构观点去进行分析、设计，也就是将计算机系统从不同的角度分为若干级或若干层，根据不同的工作需要，选择某一层次去观察分析计算机的组成、性能和工作机理，或进行设计。在构造一个完整的系统时，可以分层次地逐步实现，按这种结构化的设计策略实现的系统，易于建造、调试、维护和扩充。

计算机系统的层次结构模型有两种分法：

1. 从硬、软件组成角度划分层次结构

图 1.12 给出的层次结构模型表明了一个计算机系统有哪些硬件和软件组成以及它们之间的关系。

(1) 自下而上，反映了计算机系统的逐级生成过程，即：

① 拟定指令系统，制作能实现指令功能的硬核。

② 配置操作系统，这是系统软件的核心和基础。

③ 配置所需的语言处理程序及各种软件资源，将它们置于操作系统的管理调度之下。

数学模型与算法	系统分析级
用户程序	用户程序级
作为软件资源的应用程序	
语言处理程序(解释、编译)	
操作系统	操作系统级
机器语言(指令系统)	传统机器级
微程序控制器	微程序级
硬核	
硬联控制逻辑	

图 1.12 从组成角度划分的层次结构模型

④ 输入用户程序，处理执行。

(2) 自上而下，反映了应用计算机求解问题的过程。

① 用户根据对任务的需求分析，设计算法，构造数学模型。此项工作一般由系统分析员来完成的。选择某种适当的程序设计语言编制程序，它由高级程序员与程序员完成。

② 在操作系统的控制之下调用语言处理程序，如编译程序，将用户源程序翻译为用机器语言描述的目标程序。这一级的工作是在操作系统的支持与控制下完成的。

③ 所形成的目标程序是用机器语言描述的，机器语言是计算机硬件可以识别并执行的二进制代码，相应的目标程序是可执行文件。

④ 最后由硬件执行机器语言程序。 *由硬件执行机器语言程序*

2. 从语言功能角度划分层次结构

大多数计算机都将程序设计语言写的程序先翻译为机器语言，然后才能理解与执行。一般是直接翻译为机器语言，少数高级语言也可能采取间接翻译方式，即先翻译为层次低一些的中间语言，再将中间语言翻译为机器语言。

不同计算机系统之间的多级层次结构的划分与实现方法是有差别的。一般来说，相邻级的语言其语法结构的差别不要太大，这样才能便于编译或解释，但最后总是要翻译成能在机器上执行的机器语言程序。图 1.13 给出了从语言角度划分的层次结构模型。

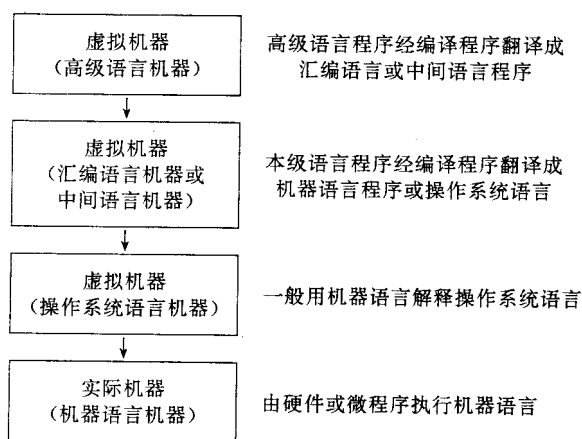


图 1.13 从语言角度划分的层次结构模型

如图 1.13 所示，用户看到的具有某种高级语言功能的计算机，是一台虚拟机。所谓虚拟机，通常是指通过配置软件扩充机器功能后所形成的一台计算机，实际硬件在物理功能上并不具备这种语言功能。例如，用户看到计算机能接受并执行用 Pascal 语言编写的程序，实际上物理机只能执行其机器语言指令代码，它通过配置 Pascal 编译程序才能处理 Pascal 程序，所以用户看到的是一台能执行 Pascal 语言功能的虚拟机。

用硬件直接执行高级语言是一个方向，但困难大，代价高。

1.5.2 硬、软件界面与逻辑上等价

计算机系统以硬件为基础，通过软件扩充其功能，并以执行程序方式体现其功能。通常硬件只完成最基本的功能，而复杂的功能则通过软件实现。但是，硬件和软件之间的界面常随软、硬件技术的发展而变化。有许多功能既可以直接由硬件来实现，也可以在硬件支持下

靠软件实现,对用户来说在功能上是等价的,只是执行速度不一样而已,我们把它称之为软、硬件在功能上的逻辑等价。例如乘法运算,可由硬件乘法器实现,也可在加法器与移位器支持下由乘法子程序实现。

从设计者角度看,指令系统是硬件和软件之间的界面。硬件的基本任务是识别与执行指令代码。因此,指令系统所规定的功能一般可由硬件实现。

如何设计指令系统,选择适当的软、硬件功能分配,这取决于所选定的设计目标、系统的性能价格比等因素,并与当时的 LSI/VLSI 技术水平有关。

随着 LSI/VLSI 技术的迅速发展,将原来依靠软件才能实现的一些功能,改变成由 LSI/VLSI 电路直接实现,如浮点运算、存储管理等。这样系统将有更高处理速度,在软件支持下具有更强的功能,这种技术策略我们称之为软件硬化。

另一种策略被称为固体。对指令的解释和执行是通过运行微程序来实现的。微程序控制技术从信息形态上讲,微程序类似于软件;从器件形态上讲,它是固化在硬件芯片中;从逻辑功能上讲,它属于 CPU 范畴。

现在,也常采用软件固化的策略,将系统软件的核心部分(如操作系统的内核、常用软件中可固定不变部分)固化在存储芯片之中。从用户角度去看,它们是系统硬件(如系统板)的一部分。例如,微机中常将操作系统中的 BIOS 固化在系统板上。

1.6 计算机的特点与性能指标

1.6.1 计算机的特点

计算机主要有以下特点:

- (1) 能在程序控制下自动地进行工作。这是由于计算机采用程序存储控制方式。
- (2) 运算速度快。由于 LSI/VLSI 技术的发展,计算机已达到每秒亿次的运算速度。
- (3) 运算精度高。计算机采用二进制表示各种数据信息,位数的增加就能使运算精度进一步提高。
- (4) 具有很强的记忆功能。计算机随着半导体工艺技术和磁表面技术的发展,主存和辅存的容量以及存储的信息量越来越大。
- (5) 通用性强。计算机不仅能作数值运算,而且还被广泛应用于数据处理和自动控制等各个领域。

1.6.2 计算机的性能指标

衡量一台计算机的性能指标,主要有以下几个方面:

1. 基本字长

基本字长是指参与运算数的基本位数。它决定着寄存器、加法器、数据总线等的位数,直接影响着硬件的代价。字长又标志着运算的精度,为了适应不同的需要,计算机中设计了变字长运算,如半字长、全字长和双字长等。计算机的字长从 8 位、16 位、32 位直到 64 位不等。

2. 主存容量

以字(Word)为单位的计算机常采用字数乘以字长来表示存储容量。如 4096×16 表示 4096 个单元,每个单元字长为 16 位。以字节为单位的计算机则常以字节数表示存储容量。习惯上将 1024 简称为 1K, 1024K 为 1M。