



普通高等教育“十三五”规划教材  
高等院校计算机系列教材

# 计算机组成原理

刘智珺 张琰 王勇◎主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等教育“十三五”规划教材  
高等院校计算机系列教材

# 计算机组成原理

主 编 刘智珺 张 琰 王 勇  
副主编 阳 威 李龙腾

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 内 容 简 介

计算机组成原理是计算机硬件课程中的一个至关重要的环节,它是计算机本科专业的一门核心主干课程,在先导课程和后续课程之间起着承上启下的作用。通过学习计算机组成原理,学生可以掌握基本的计算机组成和运行机制方面的内容,奠定必要的专业基础知识,为后面的学习和进一步提升实际工作水平做准备。本书加大了对例题的分析与讲解,加深了对知识点的理解与掌握,同时介绍了计算机发展的新技术。

全书共8章,主要介绍了计算机的基本组成、计算机中的信息表示、运算方法和运算器、存储器系统、指令系统、中央处理器、输入/输出设备、输入/输出系统。

本书可作为普通高等学校计算机、自动化、电子信息、通信、机电等专业的本、专科教材及教学参考书,也可供有关专业人员阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/刘智珺,张琰,王勇主编. —武汉:华中科技大学出版社,2019.1  
ISBN 978-7-5680-4435-6

I. ①计… II. ①刘… ②张… ③王… III. ①计算机组成原理 IV. ①TP301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 012546 号

### 计算机组成原理

Jisuanji Zucheng Yuanli

刘智珺 张 琰 王 勇 主 编

策划编辑:范莹

责任编辑:陈元玉

封面设计:原色设计

责任监印:赵月

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉市洪林印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:13.25

字 数:319千字

版 次:2019年1月第1版第1次印刷

定 价:32.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 前 言

计算机组成原理课程是计算机本科专业的核心主干课程。通过计算机组成原理课程的学习,可以了解计算机的一般组成原理,可以理解指令的执行过程与内部运行机制。计算机组成原理不仅包括硬件的设计与分析,还包括数据在计算机中的表示、运算和存储。因此,计算机组成原理这门课程,既注重于内容更新,也侧重于学以致用。为此,我们根据多年的教学实践编写了本书。本书具有立足于系统、面向应用、实用性强、适用面广等特点。

编写本书的主要思想是,在强调基本原理、基本概念的同时,力求做到内容全面、概念清楚、通俗易懂,并兼顾实用性和前瞻性。本书共分为8章。第1章和第2章是基本的系统结构概述和信息表示的知识点,是全书的概括,也是后续内容展开的知识基础。本书具体内容的展开按照计算机的五大部件进行。第3章主要介绍运算器,第4章主要介绍存储器,第5章和第6章主要介绍指令系统与中央处理器,第7章和第8章主要介绍输入/输出设备以及输入/输出系统。

第1章和第6章由张琰编写,第2章和第7章由阳威编写,第3章和第5章由刘智珺编写,第4章由王勇编写,第8章由李龙腾编写,全书由刘智珺统稿。

每章后都附有习题,供学习后复习知识点。

由于编者水平有限,书中难免存在错误,敬请批评指正。

编 者

2018年9月

# 目 录

第 1 章 概论	(1)
1.1 计算机系统的概论	(1)
1.1.1 计算机的发展	(1)
1.1.2 计算机系统的层次结构	(2)
1.1.3 计算机组成和计算机体系结构	(2)
1.2 计算机硬件的组成	(3)
1.2.1 冯·诺依曼计算机的特点	(3)
1.2.2 计算机的主要部件	(4)
1.2.3 存储程序的工作方式	(4)
1.3 计算机系统的组织	(5)
1.3.1 硬件系统	(5)
1.3.2 软件系统	(6)
1.3.3 系统组成的多层次结构	(7)
1.3.4 硬件、软件的功能划分与逻辑上的等价	(8)
1.4 计算机的特点与性能指标	(9)
1.4.1 数字计算机的特点	(9)
1.4.2 计算机的主要性能指标	(9)
习题一	(10)
第 2 章 计算机中信息的表示	(12)
2.1 数值型数据的表示方法	(12)
2.1.1 进位计数制	(12)
2.1.2 不同数制之间数的转换	(14)
2.1.3 十进制数的编码	(15)
2.2 数的符号表示	(16)
2.2.1 原码表示法	(17)
2.2.2 补码表示法	(17)
2.2.3 反码表示法	(18)
2.2.4 移码表示法	(19)
2.3 机器数的定点表示与浮点表示	(20)
2.3.1 定点表示法	(20)
2.3.2 浮点表示法	(21)
2.3.3 定点数和浮点数的比较	(22)
2.3.4 IEEE 754 标准	(23)

2.4 非数值数据的表示	(24)
2.4.1 ASCII 码	(24)
2.4.2 汉字编码简介	(25)
习题二	(26)
<b>第3章 运算方法和运算器</b>	<b>(28)</b>
3.1 定点补码加减运算	(28)
3.1.1 补码加法	(28)
3.1.2 补码减法	(29)
3.1.3 溢出概念与检测方法	(29)
3.1.4 补码加减运算控制流程	(30)
3.2 加法器	(31)
3.2.1 全加器	(31)
3.2.2 十进制加法器	(32)
3.3 定点乘法运算	(33)
3.3.1 原码定点乘法	(33)
3.3.2 补码定点乘法	(35)
3.3.3 阵列乘法器	(38)
3.4 定点除法运算	(39)
3.4.1 原码除法	(39)
3.4.2 补码定点除法	(42)
3.5 定点运算器的组成与结构	(44)
3.5.1 逻辑运算	(44)
3.5.2 多功能算术逻辑部件(74181)	(45)
3.5.3 运算器数据通路	(47)
3.5.4 定点运算器的基本结构及组成	(47)
3.6 浮点运算方法和浮点运算器	(48)
3.6.1 浮点加减运算	(48)
3.6.2 浮点乘除运算	(49)
3.6.3 浮点运算流水线	(51)
习题三	(52)
<b>第4章 存储器系统</b>	<b>(53)</b>
4.1 存储器概述	(53)
4.1.1 存储器的分类	(53)
4.1.2 主存储器的组成和基本操作	(54)
4.1.3 存储的主要技术指标	(55)
4.1.4 存储器系统的层次结构	(56)
4.2 半导体存储器	(57)
4.2.1 半导体存储器的分类	(57)

4.2.2	随机存取存储器的结构及工作原理	(59)
4.2.3	只读存储器的结构及工作原理	(74)
4.2.4	半导体存储器的组成	(76)
4.3	并行主存储器	(79)
4.4	高速缓存	(83)
4.4.1	高速缓存的工作原理	(83)
4.4.2	高速缓存的地址映像与替换	(85)
4.5	虚拟存储器	(88)
4.5.1	虚拟存储器的基本概念	(88)
4.5.2	页式虚拟存储器	(90)
4.5.3	段式虚拟存储器	(93)
4.5.4	段页式虚拟存储器	(93)
4.6	存储保护	(95)
4.6.1	存储区域保护	(95)
4.6.2	访问方式保护	(97)
	习题四	(98)
<b>第5章</b>	<b>指令系统</b>	<b>(101)</b>
5.1	指令的格式	(101)
5.1.1	操作码	(101)
5.1.2	地址码	(103)
5.2	寻址方式	(104)
5.2.1	数据的存放方式	(104)
5.2.2	常见寻址方式	(104)
5.3	指令的功能和类型	(110)
5.3.1	数据传送指令	(110)
5.3.2	算术运算指令	(114)
5.3.3	逻辑运算指令和移位指令	(118)
5.3.4	转移指令	(121)
5.3.5	串操作指令	(125)
5.3.6	处理器控制指令	(128)
5.3.7	中断指令	(129)
5.4	RISC	(131)
5.4.1	RISC的特点	(131)
5.4.2	RISC与CISC对比	(132)
	习题五	(133)
<b>第6章</b>	<b>中央处理器</b>	<b>(135)</b>
6.1	中央处理器概述	(135)
6.1.1	CPU的基本组成	(135)

6.1.2	时序控制方式	(137)
6.1.3	控制器分类	(138)
6.1.4	CPU 与外部设备的信息交换	(139)
6.2	中央处理器模型	(139)
6.2.1	CPU 设计步骤	(139)
6.2.2	模型机的指令系统	(141)
6.2.3	模型机的组成与数据通路	(142)
6.3	组合逻辑控制方式	(143)
6.3.1	组合逻辑控制器时序系统	(143)
6.3.2	指令流程与操作时间表	(144)
6.3.3	微命令的综合与产生	(145)
6.4	微程序控制方式	(146)
6.4.1	微程序控制的基本原理	(146)
6.4.2	微指令的编码方式与微地址的形成方式	(147)
6.4.3	模型机微指令格式	(148)
6.4.4	模型机微程序设计	(149)
6.5	典型 CPU 简介	(150)
	习题六	(151)
<b>第 7 章</b>	<b>输入/输出设备</b>	<b>(153)</b>
7.1	输入/输出设备概述	(153)
7.1.1	输入/输出设备的一般功能	(153)
7.1.2	输入/输出设备的类型	(153)
7.1.3	输入/输出设备与主机系统间的信息交换	(155)
7.2	键盘及接口	(156)
7.2.1	键盘的类型	(156)
7.2.2	键盘及接口电路	(157)
7.3	显示设备及接口	(159)
7.3.1	显示方式	(159)
7.3.2	成像原理	(160)
7.3.3	显示器的技术指标	(164)
7.3.4	显示适配器	(165)
7.4	打印设备及接口	(166)
7.4.1	打印机的性能指标	(166)
7.4.2	点阵针式打印机	(167)
7.4.3	激光式打印机	(168)
7.4.4	喷墨式打印机	(169)
7.4.5	打印机适配器	(171)
7.5	磁盘存储器及接口	(171)

7.5.1 磁表面存储器的存储原理 .....	(171)
7.5.2 读/写原理 .....	(171)
7.5.3 硬盘存储器 .....	(175)
7.6 光盘存储器 .....	(178)
7.6.1 光盘存储器的读/写原理 .....	(179)
7.6.2 光盘存储器的特性 .....	(180)
7.6.3 光盘驱动器 .....	(181)
习题七 .....	(182)
<b>第8章 输入/输出系统</b> .....	<b>(183)</b>
8.1 概述 .....	(183)
8.1.1 主机与外部设备的连接模式 .....	(183)
8.1.2 总线类型与总线标准 .....	(183)
8.1.3 接口功能与接口分类 .....	(186)
8.2 系统总线 .....	(188)
8.2.1 总线的分类 .....	(188)
8.2.2 总线的性能指标 .....	(189)
8.2.3 总线的信息传输方式 .....	(190)
8.2.4 总线结构 .....	(190)
8.2.5 总线标准 .....	(192)
8.3 直接程序传送方式与接口 .....	(194)
8.4 中断方式与接口 .....	(195)
8.4.1 中断方式基本概念 .....	(195)
8.4.2 中断请求 .....	(196)
8.4.3 中断判优 .....	(196)
8.4.4 中断处理概述 .....	(197)
8.5 DMA 方式与接口 .....	(199)
8.5.1 DMA 方式基本概念 .....	(199)
8.5.2 DMA 控制器与接口的连接 .....	(200)
8.5.3 DMA 传送操作过程 .....	(200)
习题八 .....	(201)
参考文献 .....	(202)

# 第 1 章 概 论

计算机是对信息进行自动处理的机器。计算机系统由硬件和软件两大部分组成。计算机系统的层次结构是计算机系统的科学描述,位于层次结构底部的两层是实际的物理机器。本章主要介绍了计算机系统的发展、计算机的层次结构、冯·诺伊曼计算机的特点、计算机系统的组成以及几个重要的计算机指标。

## 1.1 计算机系统的概论

### 1.1.1 计算机的发展

#### 1. 第一代电子管计算机

1943年,正当第二次世界大战进入后期的阶段,因战争需要,美国国防部批准了由 Pennsylvania 大学 John Mauchly 教授和 John Pesper Ecker 工程师提出的建造一台用电子管组成的电子数字积分计算机(ENIAC)的计划,用它来完成当时国防弹道研究实验室(BRL)为开发新武器的射程和检测模拟运算表的任务。

第一代电子管计算机的主要特点:计算机所使用的逻辑元件为电子管,存储器采用延迟线或磁鼓;软件程序主要使用机器语言编写,后期使用汇编语言。

#### 2. 第二代晶体管计算机

1947年,Bell 实验室成功地使用半导体硅做基片,制成了第一个晶体管,它的小体积、低电耗以及载流子高速运行的特点,使真空管望尘莫及。进入 20 世纪 50 年代后,全球出现了一场以晶体管替代电子管的革命,计算机的性能有了很大提高。以 IBM 公司的 700/7000 系列为例,晶体管机 7094(1964 年)与电子管机 701(1952 年)相比,其主存容量从 2 B 增加到 32 KB,存储周期从 30  $\mu\text{s}$  下降到 14  $\mu\text{s}$ ,指令操作码数从 24 增加到 185,运算速度从每秒上万次提高到每秒 50 万次,而且晶体管机 7094 还采用了数据通道和多路转换器等在当时看来是最新的技术。

第二代晶体管计算机的主要特点:逻辑元件使用晶体管,普遍采用磁芯作为主存储器;采用磁带或磁盘作为辅助存储器;这一代出现了 Fortran、Cobol 等高级语言,并出现了机器内部的管理程序。

#### 3. 第三代集成电路计算机

计算机的数据存储、数据处理、数据传送以及各类控制功能,基本上都是由具有布尔逻辑功能的各类门电路完成的,而大量的门电路又都是由晶体管、电阻、电容等搭接而成。当集成电路制作技术出现后,可以利用光刻技术把由晶体管、电阻、电容等构成的单个电路制作在一块极小,如几个平方微米的硅片上。后来又实现了将成百上千个这样的门电路全部

制作在一块极小,如几个平方毫米的硅片上,并引出与外部连接的引线,这样一次便能制作成百上千个相同的门电路,大大缩小了计算机的体积,大幅降低了耗电量,极大提高了机器的可靠性,这就是人们称为小规模集成电路(SSIC)和中等规模集成电路(MSIC)的第三代计算机。

第三代集成电路计算机的主要特点:采用中、小规模集成电路取代了晶体管,用半导体存储器淘汰了磁芯存储器;在软件上,把管理程序发展成为现在的操作系统,采用了微程序控制技术,高级语言更加流行,如 Basic、Pascal 等。

#### 4. 第四代计算机

从计算机体系结构上看,第四代计算机只是前三代计算机的扩展和延伸,计算机的操作环境更加完善,在语音图像处理、多媒体技术、人工智能等方面取得了很大发展。

第四代计算机的主要特点:大规模集成电路(LSIC)及超大规模集成电路(VLSIC)取代了 MSIC、SSIC。

### 1.1.2 计算机系统的层次结构

计算机系统是由硬件系统与软件系统组成的,硬件系统与软件系统又各自包含许多子系统,因此,计算机系统的结构十分复杂。但通过仔细分析可以发现,计算机系统存在着层次结构。

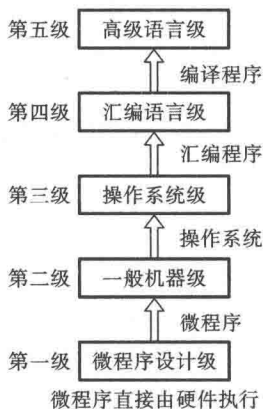


图 1-1 计算机系统层次结构示意图

从功能上看,现代计算机系统可分为五个层次级别,如图 1-1 所示。

第一级是微程序设计级。这是一个实在的硬件级,它由机器硬件直接执行微指令。如果某个应用程序直接用微指令来编写,那么可在这一级上运行该应用程序。第二级是一般机器级,也称机器语言级,它由微程序解释机器指令系统,这一级也是硬件级。第三级是操作系统级,它由操作系统程序实现。这些操作系统由机器指令和广义指令组成,广义指令是操作系统定义和解释的软件指令,所以这一级又称混合级。第四级是汇编语言级。它给程序员提供一种符号形式的语言,以减少程序编写的复杂性。这一级由汇编程序支持和执行。如果应用程序采用汇编语言编写,则机器必须有这一级的功能才能运行;如果应用程序不采用汇编语言编写,则这一级可以不要。第五级是高级语言级。这一级由各种高级语言编译程序支持和执行,这是面向用户的,是为方便用户编写应用程序而设置的。

### 1.1.3 计算机组成和计算机体系结构

计算机组成和计算机体系结构这两个概念对于想要了解计算机系统的人来说是很重要的。虽然很难给出这两个术语的精确定义,但对它们所涉及的领域则存在着共识。一般认为,计算机体系结构是指那些对程序员可见的系统属性。换句话说,这些属性直接影响到程序的逻辑执行。例如,计算机体系结构的属性包括指令系统、表示各种数据类型(例如整型、

字符型)的比特数、输入/输出机制以及内存寻址技术。计算机组成指的是实现计算机体系结构规范的操作单元及其相互连接。计算机组成的属性包括那些对程序员透明的硬件细节,如控制信号、存储器使用技术等。

下面通过一个例子来说明计算机体系结构和计算机组成的区别。例如,计算机是否有乘法指令是计算机体系结构的设计问题。这条指令是由特定的乘法单元实现还是通过重复使用系统的加法单元来实现,则是一个计算机组成问题。决定使用哪种计算机组成需要考虑使用乘法单元的频度,要考虑两种方案的相对速度,还要考虑特定乘法单元的成本和物理尺寸等因素。

## 1.2 计算机硬件的组成

### 1.2.1 冯·诺依曼计算机的特点

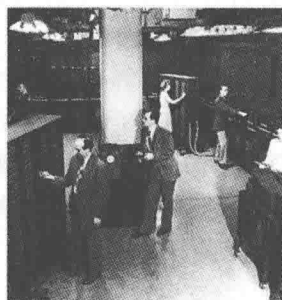
要知道什么是冯·诺依曼计算机,还得从世界上第一台通用电子数字计算机谈起。世界上第一台通用电子数字计算机的英文全名是 Electronic Numerical Integrator And Computer(电子数字积分计算机,ENIAC)。研制通用电子数字计算机的目的是满足美国战时(第二次世界大战)的需要。美国军队的弹道研究实验室(BRL)——一个负责开发新式武器的射程和弹道表的机构,在提供数据表的精确性和及时性上遇到了困难。他们发现,如果没有这些发射表,新式的武器和火炮对炮手来说并没有用处。BRL雇用了200多人,且大多数是妇女,他们使用桌面计算器求解所需的火炮公式,为一件武器提供数据表将耗费几小时,甚至几天的时间。美国 Pennsylvania 大学教授 John Mauchly 和他的研究生 Eckert 提出用电子管创造通用计算机的设想,用于满足 BRL 的应用需求。

1943年,这个计划被军方采纳,ENIAC项目开始启动。冯·诺伊曼是其中一个研究人员。ENIAC完成于1946年,这是一台十进制机器而不是一台二进制机器,最终的机器体积庞大,重量约30吨,占地面积约170平方米,使用了约18000个电子管,它工作时消耗的功率达140kW,但它的速度比电子机械计算机的要快得多,每秒钟能执行加法5000次,如图1-2所示。ENIAC的主要缺点:必须通过手工设置分布于各处的6000个开关和插头及众多的插座才能编程,这显然是一件十分枯燥和乏味的工作。

为了克服这一困难,冯·诺伊曼在普林斯顿高等研究院研制自己的EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer),即IAS机。他发现,程序可以采用数字形式与数据一起在计算机内存中表示,代替繁琐的开关和插头的编程方式。他使用Atanasoff几年前就已经使用过的二进制数,而ENIAC用10个电子管(1个亮,9个不亮)表示一位十进制数。由他第一次描述的这些基本设计,现在被命名为冯·诺伊曼机,其体系结构如图1-3所示,并在世界上第一台存储程序的计算机EDSAC中采用,直到今天,依然是几乎所有数字计算机的基础。

冯·诺伊曼机由5个基本部分组成:存储器、算术运算单元(ALU)、控制器以及输入/输出设备。其中,ALU和控制器组成计算机的“大脑”,字长为40位,当然,其存储容量、指令数目等都比较少。冯·诺依曼机可将事先编写好的程序(包含指令代码和数据代码)存入主存

存储器中,由 CPU 调用执行。这在现在看起来是普通的常识,但在当时却是一个伟大的贡献。



- ⚙️ 每秒执行加法5000次
- ⚙️ 重量约30吨
- ⚙️ 占地面积约170平方米
- ⚙️ 约18000只电管子
- ⚙️ 1500个继电器
- ⚙️ 耗电140 kW

图 1-2 ENIAC(电子数字积分计算机)

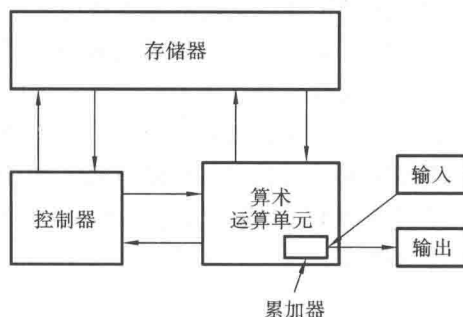


图 1-3 最初的冯·诺依曼机

### 1.2.2 计算机的主要部件

计算机的基本功能,主要包括数据加工、数据保存、数据传送和操作控制等。数据加工的任务是对数据进行算术运算和逻辑运算;数据保存的任务是在计算机进行数据处理时,将计算机中的信息(指令和数据)保存起来,必要时需要进行永久性保存,以便再次运算或对结果进行分析;数据传送则反映在必须有传输通道,将数据从一个地方传送到另一个地方,尤其是数据必须能够在外界和计算机之间传送,能够将需要加工的数据发送给计算机,并获得计算机处理的结果。当然,所有这些工作都必须在严格的控制之下有条不紊地进行,才能够得到预期结果。

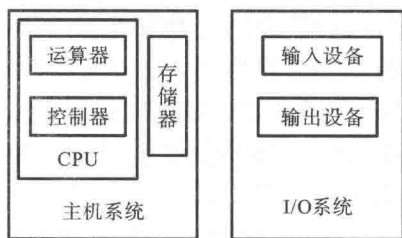


图 1-4 计算机部件组成示意图

为了实现这些基本功能,计算机必须有相应的功能部件(硬件)承担相关工作。计算机的硬件通常由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备等五大部件组成,如图 1-4 所示。

为了能够实现这些基本功能,计算机必须有相应的功能部件(硬件)承担相关工作。计算机的硬件通常由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备等五大部件组成,如图 1-4 所示。

### 1.2.3 存储程序的工作方式

电子计算机采用“存储程序控制”原理。由于这一原理是在 1946 年由美籍匈牙利数学家冯·诺伊曼提出的,所以又称“冯·诺伊曼原理”。这一原理在计算机的发展过程中始终发挥着重要作用,确立了现代计算机的基本组成和工作方式,直到现在,各类计算机还是采用冯·诺伊曼原理。

冯·诺伊曼原理的核心是“存储程序控制”。

第一步:将程序和数据通过输入设备送入存储器。

第二步:运行后,计算机从存储器中取出程序指令送入控制器中去识别,并分析该指令要做什么。

第三步:控制器根据指令的含义发出相应的命令(如加法、减法),将存储单元中存放的操作数据取出送往运算器进行运算,再把运算结果送回存储器指定的单元中。

第四步:当运算任务执行完成后,就可以根据指令将结果通过输出设备输出。

“存储程序控制”原理的基本内容主要包括以下几方面。

(1) 采用二进制代码表示数据和指令。

数据和指令在代码形式上没有区别,都是由0和1组成的二进制数据,但其含义不同。程序信息本身也可以作为被处理的对象(如编译)。

(2) 采用存储程序方式。

将事先编制好的程序(包含指令和数据代码)存入主存储器中,计算机在程序运行时就能够自动地、连续地从存储器中依次取出指令,并加以执行,这是计算机高速自动运行的基础。

(3) 由运算器、存储器、控制器、输入设备、输出设备五大基本部件组成计算机系统,并规定了这五大部件的基本功能。

冯·诺伊曼思想实际上是电子计算机设计的基本思想,奠定了现代电子计算机的基本结构,开创了程序设计的时代。

## 1.3 计算机系统的组织

### 1.3.1 硬件系统

计算机的硬件系统是指组成一台计算机的各种物理装置,是计算机中的电子线路和物理装置,它是由各种实实在在的器件组成的,是看得见、摸得着的实体,如用集成电路芯片、印刷电路板、接插件、电子元件和导线等装配而成的中央处理器(CPU)、存储器及外部设备等。计算机的硬件系统是计算机进行工作的物质基础。

计算机有巨型、大型、中型、小型和微型之分,每种规模的计算机又有很多机种和型号,它们在硬件配置上差别很大。但是,绝大多数都是根据冯·诺依曼计算机体系结构来设计的,故具有共同的基本配置,即具有五大部件:存储器、运算器、控制器、输入设备和输出设备。

运算器与控制器合称中央处理器(CPU)。CPU和存储器通常组装在主板上,合称主机。输入设备和输出设备统称输入/输出设备,有时也称外部设备或外围设备,因为它们位于主机的外部或外围。

#### 1. 存储器

存储器是计算机的存储部件,是信息存储的核心,存储器的主要功能是存放程序和数据。程序是计算机操作的依据,数据是计算机操作的对象。存储器分为主存储器(也称内存)和辅助存储器(也称外存储器)。CPU能够直接访问的存储器是主存储器(简称主存),辅助存储器用于帮助主存储器记忆更多的信息,辅助存储器中的信息必须调入主存储器后,才能为CPU所使用。

#### 2. 运算器

运算器是计算机的执行部件,是一个用于信息加工的部件,又称执行部件,用于对数据的加工处理。运算器通常由算术逻辑部件(ALU)和一系列寄存器组成。ALU是具体完成

算术与逻辑运算的部件,算术运算是指按照算术运算规则进行的运算,如加、减、乘、除及其复合运算。逻辑运算则为非算术运算,如与、或、非、异或、比较、移位等。寄存器用于存放运算操作数。累加器除存放运算操作数外,在连续运算中,还用于存放中间结果和最后结果。累加器由此而得名。寄存器与累加器的数据均从存储器取得,累加器的最后结果也存放在存储器中。

### 3. 输入设备

输入设备是将人们熟悉的信息形式变换成计算机能接收并识别的信息形式的设备。输入的信息有数字、字母、文字、图形、图像、声音等多种形式。其中被送入计算机的只有一种形式,即二进制数据。一般的输入设备只用于原始数据和程序的输入。常用的输入设备有键盘、鼠标、触摸屏、扫描仪、数码相机等。

### 4. 输出设备

输出设备是计算机运算结果的二进制信息转换成人类或其他设备能接收和识别的形式设备。输出信息的形式有字符、文字、图形、图像、声音等。输出设备与输入设备一样,需要通过接口与主机相连。常用的输出设备有打印机、显示器、绘图仪等。外存储器也是计算机中重要的外部设备,它既可以作为输入设备,也可以作为输出设备。常见的外存储器有磁盘和光盘,它们与输入/输出设备一样,也要通过接口与主机相连。

### 5. 控制器

控制器是全机的指挥中心,它能使计算机各部件自动协调地工作。控制器工作的实质就是解释程序,它每次从存储器读取一条指令,经过分析译码,产生一串操作命令,发向各个部件,控制各部件动作,使整个机器连续地、有条不紊地运行。如果把计算机比作一个乐团,那么前面讲的存储器、运算器、输入设备、输出设备就相当于不同乐器的演奏员,而控制器则相当于乐团的指挥,它是整个计算机的指挥中心。

## 1.3.2 软件系统

计算机软件是根据解决问题的方法、思想和过程编写的程序的有序集合。而所谓程序是指指令的有序集合。一台计算机中全部程序的集合,统称这台计算机软件系统。软件按其功能分为应用软件和系统软件两大类。

应用软件是用户为解决某种应用问题而编制的程序,如科学计算程序、自动控制程序、工程设计程序、数据处理程序、情报检索程序等。随着计算机的广泛应用,应用软件的种类将越来越多、数量越来越庞大。系统软件用于实现计算机系统的管理、调度、监视和服务等功能,其目的是方便用户,提升计算机使用效率,扩充系统的功能。通常将系统软件分为以下6类。

### 1. 操作系统

操作系统是控制和管理计算机各种资源、自动调度用户作业程序、处理各种中断的软件。操作系统的作用是控制和管理系统资源的使用,是用户与计算机的接口。目前比较流行的操作系统有DOS操作系统(主要用于PC系列微机)、UNIX操作系统(是多用户多任务通用的交互式操作系统,通用于各种计算机)及Windows操作系统(是单用户多任务图形

界面操作系统)。

## 2. 语言处理程序

计算机能识别的语言与机器能直接执行的语言并不一致。计算机能识别的语言很多,如汇编语言、Basic 语言、Fortran 语言、Pascal 语言与 C 语言等。它们各自都规定了一套基本符号和语法规则,使用这些语言编制的程序叫源程序。使用“0”或“1”的机器代码按一定规则组成的语言,称为机器语言。使用机器语言编制的程序,称为目标程序。语言处理程序的任务就是将源程序翻译成目标程序。不同语言的源程序,对应不同的语言处理程序。

## 3. 标准程序库

为了方便用户编制程序,通常将一些常用的程序段按照标准的格式预先编制好,组成一个标准程序库,存入计算机系统中。需要时,由用户选择合适的程序段嵌入自己的程序中,这样既省事,又可靠。

## 4. 服务性程序

服务性程序(也称工具软件)扩大了机器的功能,一般包括诊断程序、调试程序等功能。常用的有磁盘管理、内存管理、电源管理以及反病毒软件等。

## 5. 数据库管理系统

随着计算机在信息处理、情报检索及各种管理系统方面的不断发展,使用计算机时需要处理大量的数据、建立和检索大量的表格。为了将这些数据和表格按照一定的规律组织起来,使处理更有效、检索更迅速、用户应用更方便,就出现了数据库。所谓数据库,就是能实现有组织地、动态地存储大量的相关数据,方便多用户访问的计算机软、硬件资源组成的系统。数据库和数据库管理软件一起,组成了数据库管理系统。

## 6. 计算机网络软件

计算机网络软件是为计算机网络配置的系统软件,它负责对网络资源进行组织和管理,实现相互之间的通信。计算机网络软件包括网络操作系统和数据通信处理程序等。前者用于协调网络中各机器的操作系统及实现网络资源的管理;后者用于实现网络内的通信及网络操作。

### 1.3.3 系统组成的多层次结构

计算机系统以硬件为基础,通过配置各种软件,形成一个有机组合的系统。我们常采用一种层次结构观点去分析或设计,也就是从不同的角度将计算机系统分为若干级(层次)。在构造一个完整的系统时,可以分层次地逐级实现,按这种层次结构化设计策略实现的系统,易于建造、调试、维护和扩充。常见的层次结构模型如下。

#### 1. 硬软件组成的层次结构

图 1-5 所示的层次结构模型,表明在一个计算机系统中由哪些硬件和软件组成,以及它们之间的关系。自下而上反映计算机系统的生成过程,自上而下反映应用计算机求解问题的过程。

## 2. 从语言功能角度划分层次结构

如果将计算机功能描述为能执行某些程序设计语言编写的程序,那么用户看到的层次结构如图 1-6 所示。计算机硬件核心的物理功能是执行机器语言,称为机器语言物理机,从这一级看到的是一台实际的机器,而用户看到的是能执行某种语言程序的虚拟机,即通过配置某种语言处理程序后形成的一台计算机。



图 1-5 硬软件组成的结构层次示意图

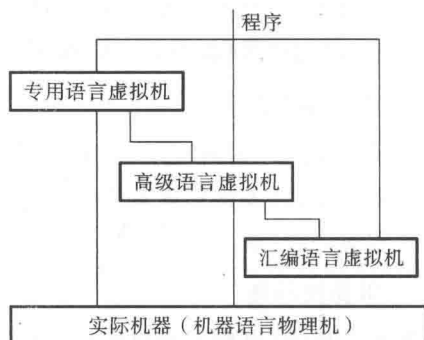


图 1-6 语言功能角度的层次结构

### 1.3.4 硬件、软件的功能划分与逻辑上的等价

现代计算机不能简单地认为是一种电子设备,而是一个十分复杂的由软件、硬件结合而成的整体。而且,在计算机系统中并没有一条明确的关于软件与硬件的分界线,没有一条硬性准则来明确指定什么必须由硬件来完成,什么必须由软件来完成。因为任何一个由软件所完成的操作也可以直接由硬件来实现,任何一条由硬件所执行的指令也能由软件来完成。这就是所谓的软件与硬件的逻辑等价。

例如,在早期的计算机和低档微型机中,由硬件实现的指令较少,像乘法操作,就由一个子程序(软件)去实现。但是,如果用硬件线路直接完成,其速度会很快。而由硬件线路直接完成的操作,也可以由控制器中微指令编制的微程序来实现,从而把某种功能从硬件转移到微程序上。另外,还可以把许多复杂的、常用的程序硬件化,制作成所谓的“固件”。固件是一个介于传统的软件和硬件之间的实体,功能上类似于软件,但形态上又是硬件。对于程序员来说,通常并不关心一条指令究竟是如何实现的。

微程序是计算机硬件和软件相结合的重要形式。第三代以后的计算机大多采用微程序控制方式,以保证计算机系统具有最大的兼容性和灵活性。使用微指令编写的微程序,从形式上看与使用机器指令编写的系统程序差不多。微程序深入机器的硬件内部,以实现机器指令操作为目的,控制着信息在计算机各部件之间的流动。微程序也基于存储程序的原理,把微程序存放在控制存储器中,所以也是借助软件方法实现计算机工作自动化的一种形式。

这充分说明软件和硬件是相辅相成的。一方面,硬件是软件的物质支柱,正是在硬件高度发展的基础上才有了软件的生存空间和活动场所;没有大容量的主存储器和辅存储器,大型软件将发挥不了作用;而没有软件的“裸机”也毫无用处,等于没有灵魂的人的躯壳。另一方面,软件和硬件相互融合、相互渗透、相互促进的趋势正越来越明显。不但硬件软化(微程