

21世纪应用型本科系列教材

计算机组成原理

主编 李学干

主审 董渭清



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

计算机组成原理

主编:李学干

参编:张乐芳 赵向梅 白兆华

西安交通大学出版社

内容简介

本书讲述计算机组成的基本原理,各部件的功能、逻辑实现、设计方法及相互连接。

全书共分9章。分别是概述、计算机中的信息及编码表示、运算方法与运算器、指令系统、控制方式与控制器、存储系统、总线系统、输入输出系统、计算机组装。

本书内容丰富,取材适当,语言简炼,图文并茂,每章均有例题和习题,可作为计算机专业和相关专业的本科生的教材,也可作为科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/李学干主编.—西安:西安交通大学出版社,2008.2
(21世纪应用型本科系列教材)
ISBN 978-7-5605-2597-6

I. 计… II. 李… III. 计算机体系结构-高等学校-教材 IV. TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第169462号

书 名 计算机组成原理
主 编 李学干
责任编辑 屈晓燕 贺峰涛
文字编辑 屈晓燕 李慧娜

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路10号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 陕西元盛印务有限公司

开 本 787mm×1 092mm 1/16 印张 14 字数 331千字
版次印次 2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-2597-6/TP·503
定 价 22.00元

读者购书、书店添货如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdlg31@126.com

版权所有 侵权必究

21 世纪应用型本科系列教材

计算机类教材编委会

主 编：陆丽娜

副 主 编：李学干 张水平

编 委：（以姓氏笔画为序）

刘德安 江小安 张水平 张凤琴

李学干 杨颂华 陆丽娜 鱼 滨

高 涛 雷震甲

策划编辑：屈晓燕 贺峰涛

前 言

“计算机组成原理”是工科电子类计算机专业中核心的专业基础课,其可以在计算机基础(计算机导论)、数字逻辑、程序设计语言之后开设,后续课程可以是数据结构、微机原理、操作系统及计算机系统结构等。

本教材主要讲述单处理机系统中计算机的内部工作原理、组成方式,各部件的逻辑功能与实现、设计方法,以及各部件的相互连接。

本教材共分9章。第1章概述计算机系统的组成、特点和主要性能。第2章讲述计算机中信息的分类及编码表示。第3章讲述运算的基础知识,定点、浮点数的算术运算方法和运算器。第4章讲述指令字格式、寻址方式、指令分类,以IBMPC机为例介绍指令系统中各类指令的格式和功能,简要介绍CISC和RISC指令系统的概念。第5章讲述控制器的功能、组成、分类及控制方式,对组合逻辑和微程序两类不同的控制方式的控制器分别介绍了其实现过程,以模型机为例给出这两类控制器设计的主要问题。第6章讲述存储系统的基本概念,半导体存储器类型,主存储器的容量扩充及与CPU的连接,提高主存储器性能的方法,辅助存储器的原理和组织等。第7章讲述总线的基本概念、分类、参数和标准,系统总线的组成、操作时序及总线的争用和仲裁控制。第8章讲述输入输出系统中外设的种类与接口,对直接程序控制、DMA、输入输出处理机三种主要的I/O控制方式的原理、组成进行了描述。第9章以微型机为例,介绍系统的组装,以使学生对计算机系统构成有更完整的了解,建立比较清晰的整机概念。

本教材的参考教学时数为60~70学时,可根据需要对内容进行剪裁。第9章的内容可随时间演变自行更新内容。

本教材内容丰富、重点突出、语言简炼、图文并茂、结构合理、层次清楚,主要特点是突出课程内容的完整性、系统性、应用性,特别强调针对应用型本科来组织知识。每章均配有丰富的例题和一定数量的习题。

本教材是由西安电子科技大学兼西安欧亚学院信息工程学院副院长的李学干教授主编,负责全书的组织、统稿、修编和审核。西安欧亚学院的张乐芳、赵向梅、白兆华老师参加了编写。张乐芳老师编写了第1,7,8,9章,赵向梅老师编写了第2,3,4章,白兆华老师编写了第5,6章。

西安交通大学董渭清教授在百忙之中对书稿进行了认真细致的审核。西安交通大学出版社的贺峰涛、屈晓燕、李慧娜同志为本书出版编辑做了很多工作。在此表示衷心的感谢。

由于计算机的器件、硬件、组成技术发展很快,理论性、时间性很强,限于时间和编者水平,书中难免会有不少问题和不足,恳请读者对本书提出宝贵的意见,以便以后改写完善。

编者

2007年8月

目 录

第1章 概述	(1)
1.1 计算机系统的组成	(1)
1.1.1 计算机的硬件系统	(2)
1.1.2 计算机的软件系统	(3)
1.1.3 计算机系统的层次结构	(4)
1.2 计算机的结构特点	(5)
1.2.1 冯·诺依曼(Von Neumann)型计算机的结构与分类	(6)
1.2.2 非冯·诺依曼型计算机的结构与分类	(6)
1.3 计算机的性能	(7)
习题 1	(8)
第2章 计算机中的信息及编码表示	(10)
2.1 计算机信息的分类	(10)
2.2 信息的数字化编码表示	(10)
2.2.1 数值信息的表示	(10)
2.2.2 非数值信息的表示	(15)
2.2.3 控制信息的表示	(19)
习题 2	(19)
第3章 运算方法与运算器	(21)
3.1 运算的基础	(21)
3.1.1 逻辑运算及算术逻辑单元 ALU	(21)
3.1.2 移位操作及移位寄存器	(22)
3.1.3 计数操作及计数器	(23)
3.1.4 取反、取补操作及取补器	(23)
3.2 定点数的加减运算及实现	(24)
3.2.1 补码的加减运算及溢出判断	(24)
3.2.2 加减运算的实现	(27)
3.2.3 并行加法器与先行进位链	(28)
3.2.4 二—十进制数运算及加法器	(28)
3.3 定点数乘法运算及实现	(29)
3.3.1 原码乘法及实现	(29)

3.3.2	补码乘法及实现	(32)
3.3.3	阵列乘法器	(34)
3.4	定点数除法运算及实现	(35)
3.4.1	原码除法及实现	(35)
3.4.2	补码除法及实现	(38)
3.4.3	阵列除法器	(39)
3.5	定点运算器的组成	(40)
3.5.1	运算器的内部总线	(40)
3.5.2	带累加器的运算器	(42)
3.5.3	单总线移位乘除的运算器	(43)
3.5.4	三总线阵列乘除的运算器	(44)
3.6	浮点算术运算及浮点运算器	(45)
3.6.1	浮点加减运算	(45)
3.6.2	浮点乘法运算	(47)
3.6.3	浮点除法运算	(47)
3.6.4	浮点运算器举例	(47)
习题 3		(49)
第4章	指令系统	(50)
4.1	指令	(50)
4.1.1	指令字格式	(50)
4.1.2	寻址方式	(51)
4.1.3	指令类型	(53)
4.2	指令系统举例	(55)
4.2.1	寻址方式	(55)
4.2.2	传送类指令	(58)
4.2.3	算术运算类指令	(62)
4.2.4	逻辑运算类指令	(64)
4.2.5	程序控制类指令	(66)
4.2.6	处理器控制指令	(72)
4.3	指令系统的发展	(73)
4.3.1	CISC 指令系统的发展	(73)
4.3.2	RISC 指令系统	(74)
习题 4		(74)
第5章	控制方式与控制器	(76)
5.1	基本概念	(76)
5.1.1	控制器的功能	(76)
5.1.2	控制器的组成	(76)

5.1.3	指令执行流程	(78)
5.1.4	控制器的分类	(79)
5.1.5	控制器的时序系统与控制方式	(80)
5.2	组合控制逻辑	(82)
5.2.1	模型机的指令系统与寻址方式	(82)
5.2.2	模型机的 CPU 及硬件组织	(83)
5.2.3	模型机的时序系统	(84)
5.2.4	组合逻辑控制器设计步骤	(85)
5.2.5	模型机组合逻辑控制器的设计	(85)
5.3	微程序控制	(89)
5.3.1	微程序控制的基本概念	(89)
5.3.2	微指令的编码方式	(90)
5.3.3	微程序控制器的组成和工作过程	(92)
5.3.4	微地址产生方式	(93)
5.3.5	微程序的时序控制	(94)
5.3.6	微程序应用	(95)
5.4	模型机微程序控制单元的设计	(95)
5.4.1	模型机微指令的设计	(95)
5.4.2	模型机的微程序编制与代真	(98)
习题 5		(99)

第6章	存储系统	(103)
6.1	存储器的基本概念	(103)
6.1.1	存储器分类	(103)
6.1.2	主存储器的技术指标	(104)
6.1.3	存储器的层次结构	(105)
6.1.4	主存储器的基本组成	(106)
6.2	半导体存储器	(108)
6.2.1	MOS 型静态 RAM	(108)
6.2.2	动态 RAM	(111)
6.2.3	只读存储器 ROM	(115)
6.3	主存储器与 CPU 的连接	(117)
6.3.1	存储器容量的扩充方法	(117)
6.3.2	存储器与 CPU 的连接方法	(119)
6.4	提高存储器性能的方法	(119)
6.4.1	并行存储器	(119)
6.4.2	高速缓冲(Cache)存储器	(121)
6.4.3	虚拟存储器	(127)
6.5	辅助存储器	(130)

6.5.1	概述	(130)
6.5.2	磁记录原理和记录方式	(132)
6.5.3	硬磁盘存储器	(134)
6.5.4	光盘存储器	(138)
习题 6		(139)
第7章 总线系统		(141)
7.1	总线概述	(141)
7.1.1	总线的概念	(141)
7.1.2	总线的分类	(141)
7.1.3	总线的主要参数	(142)
7.1.4	总线的特性	(143)
7.1.5	总线的标准	(144)
7.2	系统总线的组成	(145)
7.2.1	系统总线的信号组成	(145)
7.2.2	总线的连接方式	(146)
7.3	系统总线的操作时序与方式	(147)
7.4	总线争用与仲裁控制	(148)
7.4.1	总线的控制权	(148)
7.4.2	总线判优和仲裁	(149)
习题 7		(151)
第8章 输入输出系统		(153)
8.1	外部设备种类与接口	(153)
8.1.1	主机与外部设备的连接	(153)
8.1.2	输入输出设备概述	(153)
8.1.3	外部设备接口	(155)
8.1.4	接口寻址	(157)
8.1.5	I/O 控制方式	(157)
8.2	CPU 程序控制	(159)
8.2.1	基本概念	(159)
8.2.2	程序查询方式接口与程序结构	(160)
8.2.3	程序中断方式	(163)
8.3	直接存储器 DMA 访问方式	(170)
8.3.1	基本概念	(170)
8.3.2	DMA 传送过程	(171)
8.3.3	基本的 DMA 控制器	(172)
8.4	输入输出处理机方式	(174)
8.4.1	基本概念	(174)

8.4.2	通道处理机方式	(176)
8.4.3	外围处理机(peripheral processor unit,PPU)方式	(177)
习题 8		(178)
第9章 计算机组装		(181)
9.1	多媒体计算机的硬件组成	(181)
9.2	计算机硬件的安装	(186)
9.2.1	安装步骤	(186)
9.2.2	硬件各部分的安装	(186)
9.3	计算机软件安装	(192)
9.3.1	CMOS 设置概述	(192)
9.3.2	系统的启动	(194)
9.3.3	操作系统安装	(194)
9.3.4	驱动程序安装	(200)
习题 9		(211)
参考文献		(212)

第 1 章 概述

计算机系统不同于一般的电子设备,它是一个由硬件、软件组成的复杂的自动化设备。本章主要介绍计算机系统的组成、层次结构和计算机的性能,使读者对计算机系统有一个整体的概念,以便于展开后续各章节的内容。

1.1 计算机系统的组成

计算机系统的结构如图 1-1 所示。一个完整的计算机系统由计算机硬件系统和计算机软件系统两部分组成。硬件建立了计算机的物质基础,软件使硬件具有生命力。因此硬件和软件是一个有机的整体,必须协同一致才能发挥计算机的功能。

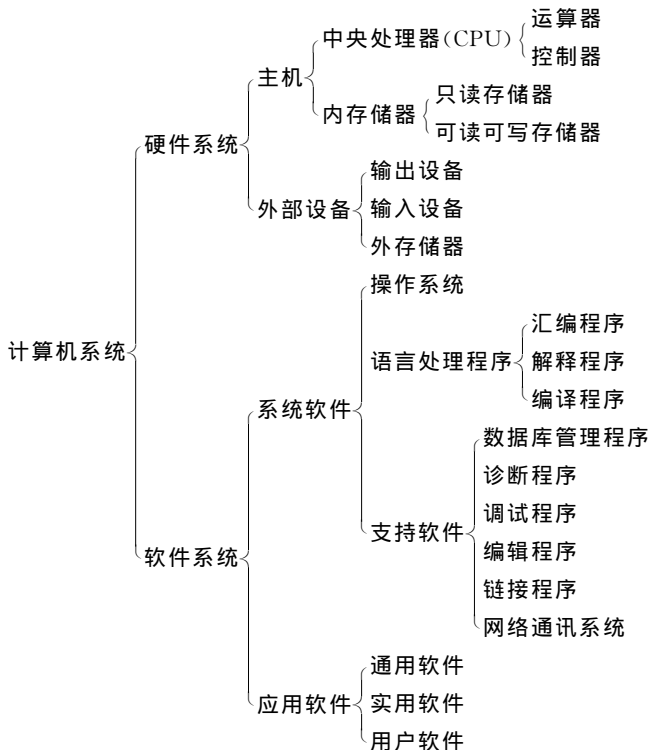


图 1-1 计算机系统的结构图

1.1.1 计算机的硬件系统

计算机的硬件(hardware)系统是指构成计算机的所有实体部件的集合,这些实体部件包括计算机的五大部件的电路和安装构件,它们都是看得见摸得着的,所以称为硬件。将这些硬件按某种方式用总线有机地连接起来就是硬件系统。硬件系统的优劣直接决定了计算机性能的好坏。作为计算机组成的五大部件是存储器、运算器、控制器、输入设备和输出设备,经各类总线互连而成。其硬件结构框图如图 1-2 所示。

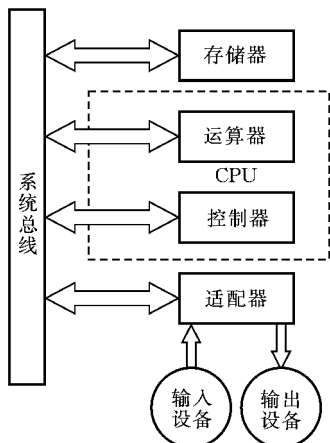


图 1-2 计算机的主要组成

1. 运算器

运算器是对信息或数据进行处理和运算的部件,它由算术逻辑运算单元(ALU)、寄存器、移位器和一些控制电路组成,能完成算术运算和逻辑运算。其中,算术运算指加、减、乘、除和求补码等,它以加法运算为核心。逻辑运算完成“与”、“或”、“非”等基本逻辑运算。寄存器可以暂存数据,一个寄存器能存放一个数据。运算器是计算机的关键部件之一,它的功能和运算速度对计算机来说非常重要。运算器的组成框图如图 1-3 所示。

2. 存储器

存储器是用来存储程序和数据的部件,是计算机各种信息的存储和交流中心。它的基本功能是按照指定的位置“写入”或“读出”数据信息。存储器可以与运算器、控制器、输入设备和输出设备交换信息,起存储、缓冲、传递信息的作用。存储器主要由地址译码器、数据寄存器、存储体及读写控制电路组成。存储器的组成如图 1-4 所示。

程序和原始数据以二进制的形式存放在存储器中,存储器有许多存储单元,每个存储单元存放一个数据。存储器中存储信息的最小单位是 1 位(bit)二进制,通常,8 位二进制数构成一个字节(byte),将一个或多个字节组合起来作为一个整体进行存储的二进制数称为一个字。

为了区分存储体中的各个存储单元,我们为每个存储单元进行编号,这个编号就称为存储单元的地址。存储信息时,首先要知道存储单元的地址,然后根据该地址找到存储单元,可见存储单元的地址和存储单元是一一对应的。

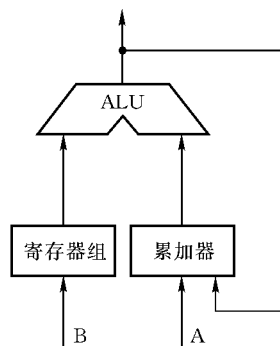


图 1-3 运算器的组成框图

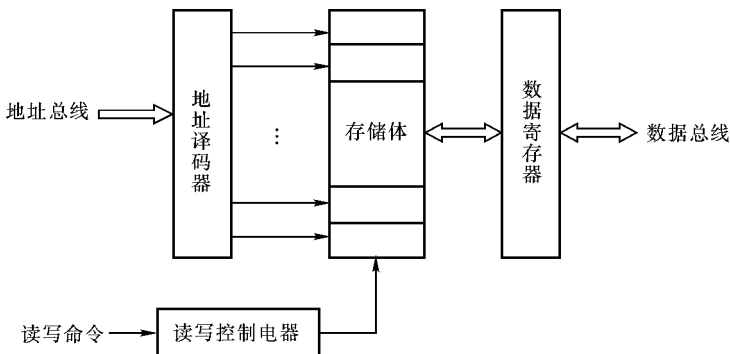


图 1-4 存储器的组成

3. 控制器

控制器是计算机中发号施令的部件,它控制计算机的各个部件有条不紊地进行工作。它根据预先编写好的操作步骤,产生各种控制信号,向其他各个部件发布各种操作命令和控制信息,用来实现计算机本身运行过程的自动化。控制器的核心部件是控制单元(control unit, CU)。除了控制单元,控制器还包括:①程序计数器(program counter, PC),用来存放将要执行的下一条指令的地址。②指令寄存器(instruction register, IR),从内存中读出的指令存放在 IR 中,然后由指令译码器进行译码。③指令译码(instruction decode, ID),对 IR 中的指令进行译码,产生执行该指令的各种微操作命令序列,用来控制所有的被控制对象,完成指令的功能。控制器是计算机的关键部件,它的功能直接关系到计算机性能。

4. 适配器与输入输出设备

目前常用的输入设备是键盘、鼠标、数字扫描仪等。它们的作用是把人们所熟悉的某种信息形式变换为机器内部所能接收和识别的二进制信息形式。输出设备的作用是把计算机处理的结果变换为人或其他机器所能接收和识别的信息形式。如激光打印机、绘图仪、CRT 显示器等。计算机的输入/输出设备通常称为外围设备。由于种类繁多且速度各异,因而它们不是直接地同高速工作的主机相连接,而是通过适配器部件与主机相连接。适配器的作用相当于一个转换器,它可以保证外围设备用计算机所要求的形式发送或接收信息。计算机系统中还必须要总线,系统总线是构成计算机系统的骨架,是多个系统部件之间进行数据传送和控制的公共通路。借助系统总线,计算机在各系统部件之间实现传送地址、数据和控制信息的操作。

1.1.2 计算机的软件系统

仅有硬件的计算机称为“裸机”,可以说是毫无用处的,只有配上相应的软件,计算机才能工作。软件是所有程序的总称。计算机刚刚问世时并没有建立软件的概念,随着计算机的发展及应用范围的扩大才逐渐形成了软件系统。性能优良的计算机硬件系统能否充分发挥其应有的功能,在很大程度上取决于软件的完善和丰富程度。计算机软件系统通常可以分为系统软件和应用软件两部分。

1. 系统软件

系统软件的作用是对计算机系统进行管理、调度、监控和维护。系统软件是指为了方便用

户使用和发挥计算机的效率,向用户提供的一系列软件,包括操作系统、语言处理程序、标准程序库、服务性程序、数据库管理系统和网络软件等。

(1) 操作系统

操作系统是系统软件的核心,也是计算机必须配置的软件,它的作用是管理计算机的各种资源,为用户使用计算机提供操作接口,方便用户使用。操作系统按功能可分为:单用户操作系统、多道程序分时操作系统、实时操作系统、网络操作系统和分布操作系统。

(2) 语言处理程序

语言处理程序是为了翻译或解释计算机的各种语言而设置的一组程序。计算机只能识别0和1组成的机器码,为了提高编程效率,程序设计人员往往采用高级语言或者汇编语言编写程序,计算机在执行这种程序时,必须先将它翻译成可以识别的机器语言,语言处理程序就是承担这样的工作的。语言处理程序包括各种高级语言的编译程序和解释程序。

(3) 标准程序库

标准程序库中存放系统事先配置的一些通用的、优化的标准子程序,供用户编写程序时调用。

(4) 服务性程序

服务性程序是为了帮助用户使用与维护计算机提供服务性手段而编制的一类程序。一般指程序的输入与装配程序、编辑工具、调试工具、诊断程序等。由于操作系统的发展趋势是将内核做得精炼紧凑,因此,这些服务程序往往作为操作系统可调用的文件存在。用户视需要进行选取或扩充,也可将它们视为操作系统可扩充的外壳。

(5) 数据库管理系统

数据库管理系统是一个通用软件,有系统软件和应用软件的特点。数据库是将数据按一定的规律组织起来的集合。为了便于用户根据需要建立自己的数据库,以及查询、显示、修改数据库内容,就必须建立数据库管理系统。任何应用程序要使用数据时,一般应通过数据库管理系统,才能保证数据的安全性。

(6) 网络软件

负责对网络资源的管理和组织,实现连接在网络中的各计算机之间的通信。

2. 应用软件

应用软件(又称应用程序)是一些为了解决科学计算或信息处理而编制的程序。如工程设计程序、数据处理程序、自动控制程序、企业管理程序、情报检索程序、科学计算程序,等等。随着计算机的广泛应用,这类程序的分类也将越来越多。



1.1.3 计算机系统的层次结构

计算机系统是一个十分复杂的软、硬件结合的整体,按照功能和使用编程的语言角度上可把它划分为多级层次结构。它通常由五个不同的级组成,每一级都能进行程序设计。如图1-5所示。

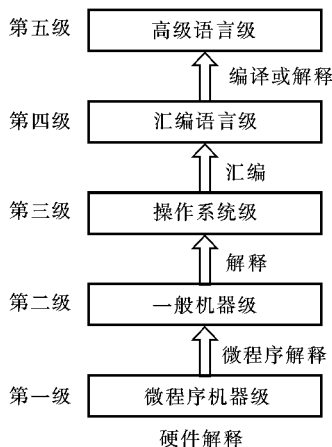


图 1-5 计算机系统的层次结构

第一级是微程序机器级。这是一个实在的硬件级,它由机器硬件直接执行微指令。如果某一个应用程序直接用微指令来编写,那么可在这一级上运行应用程序,如不采用微程序控制,则该级可以没有。

第二级是一般机器级,也称为传统机器语言级,由微程序解释机器指令系统。这一级也是硬件级。如果不采用微程序控制,则可用组合逻辑控制。

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,这些广义指令是操作系统定义和解释的软件指令,所以这一级也称为混合级。

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,则机器必须要有这一级的功能;如果应用程序不采用汇编语言编写,则可以没有这一级。

第五级高级语言级,它是面向用户,为方便用户编写应用程序而设置的。这一级由各种高级语言编译程序支持和执行。

图1-5中,除第一级外,其他各级都得到其下级级的支持,同时也受到运行在下面各级的程序的支持。第一级到第三级编写程序采用的语言,基本是二进制编码。第四、五两级编写程序所采用的语言是符号语言,用英文字母和符号来表示程序,因而便于大多数不了解硬件的人们使用计算机。

随着大规模集成电路技术的发展和软件硬化的趋势,计算机系统软、硬件界限已经变得模糊了。因为任何操作可以由软件来实现,也可以由硬件来实现;任何指令的执行可以由硬件电路来完成,也可以由微程序软的方式来完成。对于某一功能到底是采用硬的方案还是软的方案,取决于器件价格、速度、可靠性、存储容量等因素。

计算机的硬件和软件在逻辑上是等效的。这就是说,由软件实现的操作,在原理上也可以由硬件来实现。同样,由硬件实现的许多操作在原理上也可以由软件的模拟来实现。在早期的计算机设计中,由于硬件成本较高,只用硬件完成较简单的指令系统的功能,以便减少硬件,降低成本,而依靠软件实现更高一级的功能,这就是硬件软化。随着随着大规模集成电路和计算机系统结构的发展,硬件价格逐渐降低,将原来用软件实现的一部分功能用硬件来实现,提高了运算速度,减少了存储空间的占有率,这种用硬件来实现软件功能的方法称为软件硬化。不论采用哪种方法,计算机系统所完成的功能是相同的。从用户的角度来看,重要的是机器能完成哪些功能。

1.2 计算机的结构特点

计算机是一种能按照事先存储的程序,自动、高速地进行大量数值计算和各种信息处理的现代化智能电子装置。用计算机进行数据处理时,先要把解决的实际问题用计算机可以识别的语言编写成程序,然后将程序装入计算机中。运行时,计算机按程序的要求,将一步一步地执行各种指令,直到整个程序执行完毕为止。

1.2.1 冯·诺依曼(Von Neumann)型计算机的结构与分类

(1)采用二进制形式表示数据和指令

数据和指令在代码的外形上并无区别,都是由0和1组成的代码序列,只是各自约定的含义不同而已。采用二进制使信息数字化容易实现,可以用布尔代数进行处理。程序信息本身也可以作为被处理的对象,进行加工处理,例如对照程序进行编译,就是将源程序当作被加工处理的对象。

(2)采用存储程序方式

这是冯·诺依曼思想的核心内容。主要是将事先编写好的程序存入主存储器中,计算机在运行程序时就能够自动、连续地从存储器中依次取出指令并执行,不需要人工干预,直到程序执行结束为止。这是计算机能高速自动运行的基础。计算机的工作体现为执行程序,计算机功能的扩展在很大程度上体现为所存储程序的扩展。计算机的许多具体工作方式也是由此派生的。

冯·诺依曼机的这种工作方式,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,根据指令所含的控制信息流,调用数据进行处理。因此在执行程序的过程中,始终以控制信息流为驱动工作的因素,而数据信息流则被动地被调用处理。

为了控制指令序列的执行顺序,需设置一个程序计数器PC(program counter),让它存放下一条将要取出的指令所在存储单元地址。即使程序现在是顺序执行的,每取出一条指令后,PC内容就会加上1,指示下一条指令该从何处取得。如果程序将转移到某处,就将转移后的地址送PC,以便按新地址读取后继指令。所以,PC就像一个指针,一直指示着程序的执行进程,也就是指示控制流的形成。

(3)五大组成部件

由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大部件组成计算机,并规定了这五部分的基本功能。

上述这些概念奠定了现代计算机的基本结构思想,并开创了程序设计的新时代。

1.2.2 非冯·诺依曼型计算机的结构与分类

典型的冯·诺依曼机从本质上讲是采取串行顺序处理的工作机制,即使有关数据已经准备好,也必须逐条执行指令序列,而提高计算机性能的根本方向之一是并行处理。因此,近年来人们在谋求摆脱传统冯·诺依曼体制的束缚,这种努力被称为非冯·诺依曼化。对所谓非冯·诺依曼化的探讨仍在争议中,一般认为表现为以下三个方面的内容。其中第1,2点是冯·诺依曼型的改进,突出非冯·诺依曼型特点的主要是第3点。

①在冯·诺依曼体制范畴内,对传统冯·诺依曼机进行改造,如采用多个处理部件形成流水处理,依靠时间上的重叠提高处理效率;又如组成阵列机结构,形成单指令流多数据流,提高处理速度。这些方向比较成熟,已成为标准结构。不过,从本质上讲仍是控制流机器。

②用多个冯·诺依曼机组成多机系统,支持并行算法结构。这方面的研究目前比较活跃。其本质上讲也仍是控制流机器。

③从根本上改变冯·诺依曼机的控制流驱动方式。例如:采用数据驱动工作方式的数据流计算机,只要数据已经准备好,有关的指令就可以并行地执行,不管该指令处在程序中的什

么位置,只要运算部件资源可以利用,就可最大限度的发挥程序的并行性。这是真正非冯·诺依曼化的计算机。但控制比较复杂,目前还不能大规模商品化上市。

1.3 计算机的性能

全面衡量一台计算机的性能要考虑多种指标,而且不同用途的计算机其侧重点也有所不同。下面介绍衡量计算机性能的主要指标。

1. 机器字长

机器字长是指 CPU 一次能处理数据的位数,它标志着计算机的计算精度。位数越多,精度越高,但硬件成本也越高,因为它决定着寄存器、运算部件、数据总线等的位数。为适应不同需要,需要较好地协调计算精度与成本的关系。

机器字长有 8,16,32,64 位不等,超级小型机以 32 位为主,更高档计算机以 64 位为主。

2. 主频

CPU 工作的节拍是由系统的主时钟控制的。主时钟不断产生固定频率的时钟脉冲,此固定频率就是 CPU 的主频。主频越高,CPU 的工作速度就越快。

3. 存储容量

存储容量包含主存和外存的容量。

主存储器是 CPU 可以直接访问的存储器,需要执行的程序与需要处理的数据就放在主存之中。主存容量大则可以运行比较复杂的程序,并可存入大量信息,可获得更完善的软件支持。

主存通常以字(word)或字节(byte)为单位来表示容量的大小。以字为单位表示的通常用字数乘以字长表示。以字节为单位表示的通常用字节的数量表示,如 1024 B。CPU 可以直接访问的存储量一般受地址线根数的限制,其关系为: n 根地址线可以访问 2^n 个物理存储单元。如 20 根地址线可直接访问的存储容量为 1 M 存储单元。辅存储容量一般用字节表示,如 80 GB 的硬盘。各单位之间的关系为:

$$1 \text{ K} = 1024 = 2^{10}$$

$$1 \text{ M} = 1024 \text{ K} = 2^{20}$$

$$1 \text{ G} = 1024 \text{ M} = 2^{30}$$

$$1 \text{ T} = 1024 \text{ G} = 2^{40}$$

4. 运算速度

一般采用单位时间内执行指令的平均条数和浮点运算次数作为运算速度指标。用每秒百万条指令(million instruction per second, MIPS)表示,或每秒百万次浮点运算次数(million floating point operation per second, MFLOPS)表示,也有用执行一条指令所需要的时钟周期数(cycle per instruction, CPI)来衡量。计算机的运行速度与许多因素有关,如 CPU 的主频、执行的操作、主存的速度等。