

实例讲解
实训强化
培养技能
面向就业

全国高等职业教育计算机类规划教材

计算机组成原理

(第3版)

◎ 张钧良 林雪明 编著



- ◆ 第一、二版教材深受广大高职院校的欢迎，被全国各地100多所高职高专院校采用，累计印数已达十几万册
- ◆ 第三版更适合高职学生学习及掌握信息科学与计算机技术的新成果，注重内容的先进性、实用性，以教授技能为主，以了解理论为辅，力求反映计算机技术的最新发展趋势



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

全国高等职业教育计算机类规划教材

计算机组成原理

(第3版)

张钧良 林雪明 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是专门为高职高专的计算机专业及相关专业编写的计算机课程教材。

全书按基础、组成、系统三个层次介绍了计算机的组成原理。基础部分包括计算机系统概论、信息编码及其在计算机中的表示、组成计算机硬件的基本器件、机器数的运算方法；组成部分包括运算器、指令系统、主存储器和中央处理器；系统部分包括计算机的存储系统、系统总线、外围设备和输入/输出系统。

本书针对高职和高专教学特点组织内容，立足于计算机专业，并兼顾非计算机专业，注重内容的先进性、实用性，以教授技能为主，但不忽视理论知识。

本书以通俗的语言介绍了计算机组成的基本原理，层次清晰，内容丰富，重点突出，语言简洁，深入浅出，通俗易懂，例题丰富，图文并茂，注重理论与实践相结合，力求反映微机技术的最新发展趋势，适合学生循序渐进地学习。每章后均附有相当数量的习题可供教师布置作业，并提供了参考答案。本书是高职高专层次计算机专业及相关专业的合适教材，也可作为有关职业人员的学习参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理 / 张钧良, 林雪明编著. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2010.8

全国高等职业教育计算机类规划教材

ISBN 978-7-121-11352-9

I. ①计… II. ①张… ②林… III. ①计算机体系结构—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 133951 号

策划编辑: 左 雅

责任编辑: 左 雅

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 23 字数: 588.8 千字

印 次: 2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

《计算机组成原理》是各类高等学校计算机科学与技术学科下各专业的一门主干必修专业基础课程，也是电子、信息类学科各专业必修的专业基础课之一。它的特点是涉及的知识面广、概念多、内容抽象、难度大，在专业课与基础课之间起着承上启下的作用。计算机科学与技术是一门知识更新非常快的学科，有关计算机学科的教材必须及时更新。

本书第1、2版出版以后，深受广大高职高专院校的欢迎，全国各地100多所高职高专院校采用本书作为《计算机组成原理》课程的教材，累计印数已达十几万册。许多同行老师积极肯定了本书的成功之处，表示要继续使用，同时也提出了许多中肯的意见，希望本书继续修订，补充适当内容后再版。为了使广大读者更好地学习《计算机组成原理》这门课，本书在第2版的基础上进行了修订。

《计算机组成原理（第3版）》在教材体系结构上做了一定调整，使全书更适合学生学习和掌握新的信息科学与计算机技术内容，主要按照以下6条原则进行修订：

- （1）教材的总体结构保持不变，适当地调整和增加内容；
- （2）以微机为背景，从介绍微机各组成部件的基础知识和理论着手，使读者逐步理解计算机的组成原理；
- （3）充分利用当代计算机硬件技术的发展成果，尽量吸收当代计算机硬件发展的先进技术，使教材体现先进性；
- （4）内容要适合高职高专层次学生，不涉及计算机系统结构和原理方面太深的内容，尽量以通俗的语言介绍了计算机组成的基本原理；
- （5）基本概念必须清楚，系统性要强，使学生能建立计算机的整机概念；
- （6）为了使教师更好地布置作业和学生练习，适当增加例题和习题内容。

本书层次清晰，内容丰富，注重理论与实践相结合，力求反映微机技术的最新发展，适合学生循序渐进地学习。

在本书编写过程中，宁波大学信息工程学院、科学技术学院的计算机科学与技术系的同仁们，对本书的编写大纲和具体内容提出过许多宝贵的修改意见，作者表示衷心感谢。

本书虽经几次修订，由于作者的经验和水平，书中难免还会存在一些错误和不妥之处，欢迎各位专家、同仁、广大读者批评指正。

张钧良

2010年5月于宁波

目 录

第 1 章 计算机系统概论	(1)
1.1 计算机系统简介	(1)
1.1.1 计算机硬件和软件的概念	(1)
1.1.2 计算机的基本组成	(2)
1.1.3 计算机程序、指令和语言	(4)
1.1.4 计算机系统的层次结构	(6)
1.2 计算机的分类及其应用	(8)
1.2.1 计算机的分类	(8)
1.2.2 计算机的应用	(11)
1.3 计算机的特点和主要性能指标	(13)
1.3.1 计算机的特点	(13)
1.3.2 计算机硬件的主要技术指标	(14)
1.4 电子计算机的发展	(16)
1.4.1 电子计算机的发展历史	(16)
1.4.2 微型计算机的发展	(18)
1.4.3 计算机的发展展望	(20)
习题 1	(21)
第 2 章 信息编码及其在计算机中的表示	(24)
2.1 信息的数字化编码和信息的数据类型	(24)
2.1.1 信息的数字化编码	(24)
2.1.2 信息的数据类型	(24)
2.2 进位计数制及其相互转换	(25)
2.2.1 常用的进位计数制	(25)
2.2.2 常用进位计数制间的相互转换	(26)
2.3 非数值数据的表示	(30)
2.3.1 字符数据的表示	(30)
2.3.2 汉字编码	(31)
2.4 数值数据的表示和运算	(34)
2.4.1 机器数	(34)
2.4.2 定点数的原码、反码、补码和移码	(38)
2.4.3 定点数和浮点数	(42)
2.4.4 十进制数的编码	(45)
2.5 数据校验码	(49)
2.5.1 码制的距离	(49)

2.5.2	奇偶校验码	(49)
2.5.3	汉明校验码	(50)
2.5.4	循环冗余校验码	(52)
习题 2		(54)
第 3 章	组成计算机硬件的基本器件	(57)
3.1	逻辑代数与逻辑电路	(57)
3.1.1	逻辑代数	(57)
3.1.2	逻辑电路	(62)
3.2	组合逻辑电路	(63)
3.2.1	加法器	(64)
3.2.2	算术逻辑单元	(65)
3.2.3	译码器	(65)
3.2.4	数据选择器	(66)
3.3	时序逻辑电路	(66)
3.3.1	触发器	(66)
3.3.2	寄存器	(68)
3.3.3	计数器	(70)
3.4	总线缓冲器和总线控制器	(71)
3.4.1	总线缓冲器	(71)
3.4.2	总线控制器	(72)
3.5	时钟发生器	(73)
3.5.1	时钟发生器芯片 8284 介绍	(73)
3.5.2	8284 与 CPU 的连接	(74)
习题 3		(74)
第 4 章	机器数的运算方法及运算器	(77)
4.1	机器数的加减运算及其实现	(77)
4.1.1	原码加法	(77)
4.1.2	补码加法	(78)
4.1.3	减法运算	(81)
4.1.4	补码加减运算线路的实现	(82)
4.2	定点乘法及其实现	(83)
4.2.1	原码一位乘法及其实现	(83)
4.2.2	定点补码一位乘法及其实现	(85)
4.2.3	原码两位乘法	(88)
4.2.4	补码两位乘法	(89)
4.3	定点除法及其实现	(91)
4.3.1	定点原码除法	(91)
4.3.2	定点补码除法	(94)
4.4	浮点数的算术运算	(96)

4.4.1	浮点数的补码加法运算	(96)
4.4.2	浮点数的乘法运算	(96)
4.4.3	浮点数的除法运算	(97)
4.5	运算器的组成和结构	(97)
4.5.1	算术逻辑单元 ALU	(97)
4.5.2	通用寄存器组	(99)
4.5.3	状态寄存器	(100)
4.5.4	数据通路	(100)
4.5.5	运算器的基本结构	(103)
4.5.6	运算器组成实例	(105)
4.6	浮点运算器	(107)
4.6.1	浮点运算器的硬件配置	(107)
4.6.2	80387 的主要性能	(107)
4.6.3	80387 的内部结构	(108)
4.6.4	80387 的硬件特性	(110)
4.6.5	协处理器的工作方式	(111)
习题 4		(111)
第 5 章 指令系统		(114)
5.1	机器指令的格式	(114)
5.1.1	指令的含义	(114)
5.1.2	指令格式	(114)
5.1.3	指令格式举例	(116)
5.1.4	指令操作码的编码格式	(117)
5.1.5	指令字长度与机器字长的关系	(118)
5.1.6	指令助记符	(119)
5.2	寻址方式	(119)
5.2.1	寻址方式和有效地址的概念	(119)
5.2.2	基本寻址方式	(120)
5.2.3	寻址方式举例	(123)
5.3	指令的种类	(126)
5.3.1	数据传送类指令	(126)
5.3.2	算术逻辑运算类指令	(127)
5.3.3	字符串处理指令	(128)
5.3.4	输入/输出 (I/O) 指令	(129)
5.3.5	特权指令和陷阱指令	(129)
5.3.6	转移指令	(130)
5.3.7	子程序调用指令	(131)
5.3.8	处理器控制指令	(132)
5.4	指令的执行方式	(132)

5.4.1 指令的顺序执行方式	(132)
5.4.2 重叠执行方式	(132)
5.4.3 流水线方式	(133)
5.4.4 指令的执行过程	(134)
5.5 精简指令计算机 (RISC) 的指令系统	(138)
5.5.1 RISC 的由来与发展	(138)
5.5.2 RISC 的特点	(138)
5.5.3 RISC 指令系统举例	(139)
习题 5	(141)
第 6 章 存储器系统	(145)
6.1 存储器与存储系统概述	(145)
6.1.1 存储器的作用	(145)
6.1.2 存储器分类	(146)
6.1.3 存储器的层次结构	(148)
6.2 主存储器	(149)
6.2.1 主存储器的性能技术指标	(149)
6.2.2 随机存取存储器	(151)
6.2.3 只读存储器	(163)
6.3 并行主存储器	(167)
6.4 高速缓冲存储器	(170)
6.4.1 程序访问的局部性	(170)
6.4.2 高速缓冲存储器的工作原理	(170)
6.4.3 高速缓冲器的组织与管理	(172)
6.5 虚拟存储器	(175)
6.5.1 虚拟存储器概述	(176)
6.5.2 页式虚拟存储器	(177)
6.5.3 段式虚拟存储器	(180)
6.5.4 段页式虚拟存储器	(181)
6.6 辅助存储器	(182)
6.6.1 硬磁盘存储器	(183)
6.6.2 磁带存储器	(185)
6.6.3 光盘存储器	(186)
6.6.4 闪烁存储器和移动存储设备	(189)
习题 6	(191)
第 7 章 中央处理器	(196)
7.1 中央处理器的功能及组成	(196)
7.1.1 CPU 的功能	(196)
7.1.2 CPU 的组成	(196)
7.1.3 CPU 中的主要寄存器	(198)

7.2	指令周期	(199)
7.2.1	指令周期的基本概念	(199)
7.2.2	非访内指令的指令周期	(201)
7.2.3	直接访内指令的指令周期	(203)
7.2.4	间接访内指令的指令周期	(205)
7.2.5	程序控制指令的指令周期	(207)
7.3	组合逻辑控制器	(207)
7.4	微程序控制器	(208)
7.4.1	微程序控制器的基本概念	(208)
7.4.2	微程序控制器的组成原理	(209)
7.4.3	微指令结构	(210)
7.4.4	微指令的执行方式	(216)
7.4.5	微程序控制例题	(217)
7.5	流水线处理器	(221)
7.5.1	流水线原理	(221)
7.5.2	流水线分类	(223)
7.5.3	流水线中的相关问题	(224)
7.6	RISC CPU	(227)
7.6.1	RISC 机的优点	(227)
7.6.2	RISC CPU	(227)
7.7	CPU 的发展	(229)
7.7.1	CPU 采用的新技术	(229)
7.7.2	CPU 的新发展	(231)
	习题 7	(235)
第 8 章	系统总线	(238)
8.1	总线概述	(238)
8.1.1	总线的基本概念	(238)
8.1.2	总线原理	(239)
8.1.3	总线结构类型	(239)
8.1.4	总线的分类	(241)
8.2	总线的组成	(243)
8.2.1	总线驱动和三态门	(243)
8.2.2	总线控制	(244)
8.2.3	总线通信	(246)
8.2.4	出错处理	(248)
8.3	微机总线	(248)
8.3.1	ISA 总线	(248)
8.3.2	EISA 总线	(249)
8.3.3	MCA 总线	(249)

8.3.4	局部总线 PCI	(249)
8.3.5	AGP 总线	(250)
8.3.6	通用串行总线 USB	(250)
习题 8		(252)
第 9 章 外围设备与多媒体技术		(255)
9.1	外围设备概述	(255)
9.1.1	什么是外围设备	(255)
9.1.2	外围设备的分类和功能	(255)
9.1.3	外围设备与主机系统的联系	(258)
9.1.4	外围设备的发展方向	(259)
9.2	输入设备	(260)
9.2.1	键盘	(260)
9.2.2	鼠标器	(263)
9.2.3	扫描仪	(265)
9.2.4	数码相机	(268)
9.3	显示设备	(270)
9.3.1	显示设备的分类	(270)
9.3.2	显示技术中的有关术语	(271)
9.3.3	显示器的工作原理	(272)
9.3.4	显示器的主要性能指标	(274)
9.3.5	显示控制卡	(276)
9.3.6	LCD 显示器和 CRT 显示器的比较及显示技术未来发展趋势	(278)
9.4	打印机和绘图仪	(279)
9.4.1	打印机的分类	(279)
9.4.2	点阵针式打印机	(280)
9.4.3	激光打印机	(283)
9.4.4	喷墨打印机	(284)
9.4.5	打印机的主要性能指标	(285)
9.4.6	绘图仪	(286)
9.5	多媒体技术	(288)
9.5.1	多媒体概述	(288)
9.5.2	多媒体技术的特点	(290)
9.5.3	多媒体信息处理的关键技术	(291)
9.5.4	多媒体技术的应用领域	(296)
习题 9		(297)
第 10 章 输入/输出系统		(301)
10.1	I/O 系统概述	(301)
10.1.1	I/O 系统的功能与组成	(301)
10.1.2	输入/输出设备的寻址方式	(302)

10.1.3	输入输出数据传送控制方式	(303)
10.2	程序查询输入/输出方式	(304)
10.2.1	程序查询方式的接口	(304)
10.2.2	程序查询输入/输出方式	(305)
10.3	程序中断输入输出方式	(306)
10.3.1	中断的基本概念	(306)
10.3.2	中断方式的接口	(307)
10.3.3	中断的响应和处理	(308)
10.3.4	多级中断	(309)
10.4	DMA 方式	(310)
10.4.1	DMA 方式的基本概念	(310)
10.4.2	DMA 传送方式	(311)
10.4.3	基本的 DMA 控制器	(312)
10.4.4	DMA 工作过程	(313)
10.5	通道方式	(314)
10.5.1	通道的作用和功能	(314)
10.5.2	通道的种类	(315)
10.5.3	通道的工作过程	(316)
习题 10		(317)
第 11 章	计算机组成实验指南	(320)
11.1	THJZ-1 型计算机组成原理实验系统概述	(320)
11.1.1	引言	(320)
11.1.2	系统组成与特点	(320)
11.1.3	系统通用电路简介	(321)
11.1.4	系统控制信号定义及说明	(324)
11.1.5	系统技术指标	(325)
11.1.6	系统使用与初始化	(326)
11.2	实验内容	(327)
11.2.1	实验一 运算器组成实验	(327)
11.2.2	实验二 存储器实验	(329)
11.2.3	实验三 数据通路实验	(331)
11.2.4	实验四 微程序控制实验	(333)
11.2.5	实验五 计算机组成与指令周期实验	(336)
11.3	集成电路说明及其他	(341)
11.3.1	集成电路说明	(341)
11.3.2	微指令代码表	(343)
11.3.3	8 位数据通路原理图	(343)
习题答案		(346)
习题 1		(346)

习题 2.....	(347)
习题 3.....	(347)
习题 4.....	(348)
习题 5.....	(349)
习题 6.....	(350)
习题 7.....	(351)
习题 8.....	(351)
习题 9.....	(352)
习题 10	(353)
参考文献	(354)

1.1 计算机系统简介

什么是计算机？凡是能完成以下 3 类工作的机器就是计算机：①能输入程序和数据，并存储起来；②能按照存储的程序对输入的数据进行自动处理并得出结果；③能把结果输出。所以，计算机是一种能够接收信息，存储信息，并按照存储在其内部的程序（这些程序是人们意志的体现）对输入的信息进行加工、处理，得到人们所期望的结果，然后把处理结果输出的高度自动化的电子设备。

本章主要介绍计算机的组成概况，以使读者对计算机总体结构有一个全面的了解，为深入学习后面各章内容打下基础。

1.1.1 计算机硬件和软件的概念

计算机系统由“硬件”和“软件”两大部分组成。

所谓硬件（Hardware），是指计算机系统中实际装置的总称。它可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置，或由它们组成的计算机部件或整个计算机硬件系统，例如，中央处理器、存储器、各种外围设备等。计算机的硬件由输入设备、输出设备、运算器、控制器和存储器 5 部分组成。

所谓软件（Software），是相对于硬件而言的。计算机软件是指在计算机硬件上运行的各种程序以及有关的文档资料，例如，操作系统、汇编程序、编译程序、诊断程序、数据库管理系统、专用软件包、各种维护使用手册、程序流程图和说明等。

软件分为系统软件和应用软件两大类。系统软件主要用来管理整个计算机系统，监视服务，使系统资源得到合理调度，高效运行，它包括操作系统、各种语言处理程序、服务支撑软件和数据库管理系统等。应用软件是用户根据任务需要所编制的各种程序，包括计算机软件研制商出售的应用软件包（如办公自动化套件 Office 2007、WPS Office 等）和用户程序。软件是计算机在正常运行时不可缺少的，它是计算机系统的重要组成部分。

通常，把不装备任何软件的计算机称为硬件计算机或裸机。裸机是不能使用的，但用户所面对的一般都不是裸机，而是在裸机之上配置若干软件之后所构成的计算机系统。在计算机技术的发展过程中，计算机软件随硬件技术的迅速发展而发展，反过来，软件的不断发展与完善，又促进了硬件的新发展，两者的发展密切地交织着。实际上计算机某些硬件的功能

可以由软件来实现，而某些软件的功能也可以由硬件来实现。

图 1.1 表示了计算机系统的构成。

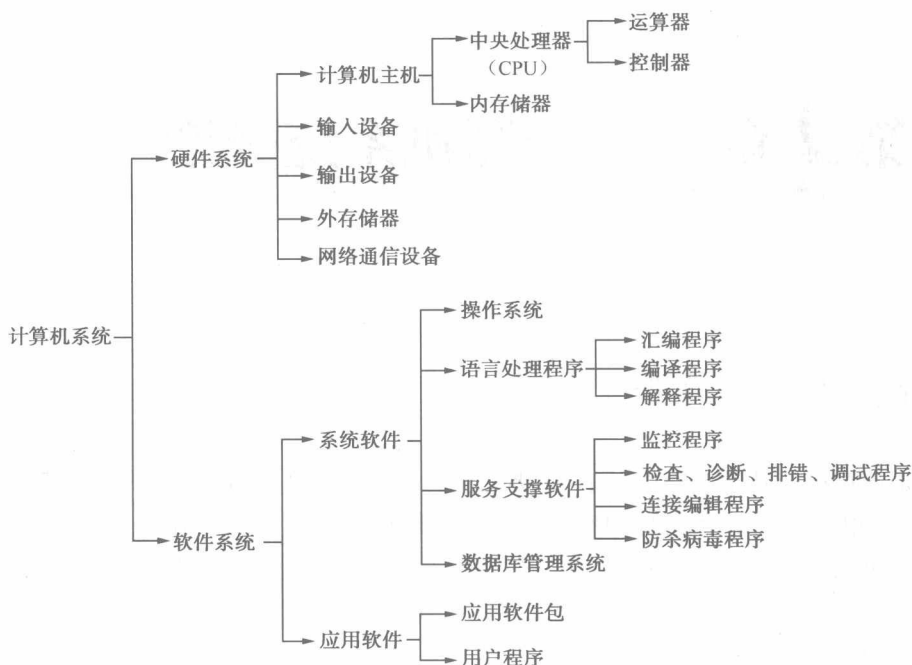


图 1.1 计算机系统的构成

1.1.2 计算机的基本组成

1. 冯·诺依曼计算机的特点

1946 年 6 月美籍匈牙利数学家约翰·冯·诺依曼（John Von Neumann）在一篇名为《关于电子计算机逻辑设计的初步探讨》的论文中，提出了计算机组成和工作方式的全新方案，解决了 ENIAC（世界上第 1 台电子计算机）存在的问题，并为现代电子数字计算机的发展奠定了基础，形成了著名的冯·诺依曼结构。现代计算机基本上仍然沿用这一基本思想。

冯·诺依曼结构的特点是：

- ① 计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 部分组成；
- ② 数据和程序都以二进制代码的形式不加区别地存放在存储器中，存放位置由地址指定，地址码也以二进制代码形式表示；
- ③ 控制器是根据存放在存储器中的指令序列即程序来工作的，并由一个程序计数器（Program Counter, PC）控制指令的执行。控制器具有判断能力，能根据计算结果选择不同的动作流程。

冯·诺依曼结构的核心思想是“存储程序”，这种结构以运算器为中心，其优点是结构比较简单，便于控制，容易实现。

了解冯·诺依曼结构的思想，对理解计算机的工作过程非常重要，如内存储器的作用，Cache（缓存）、中断的概念等都和冯·诺依曼结构有关。

2. 计算机的硬件组成

计算机的硬件是指组成一台计算机的各种物理装置，它们是由各种实实在在的器件组成的，是计算机进行工作的物质基础。计算机的硬件由输入设备、输出设备、运算器、存储器和控制器5部分组成。如图1.2所示，是由这5部分组成的以存储器为中心的计算机硬件组成框图。

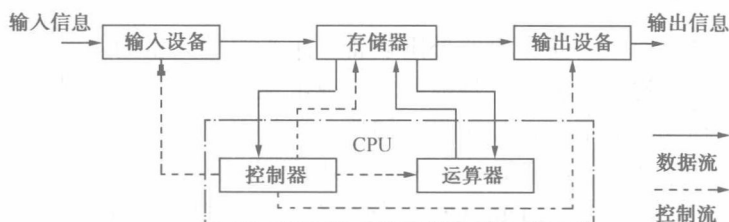


图 1.2 以存储器为中心的计算机硬件组成框图

(1) 输入设备。输入设备 (Input Equipment) 的功能是从计算机外部把信息和处理这些信息的程序通过输入接口输入到计算机的存储器中。

键盘 (Keyboard) 是最常用的输入设备，它是现代计算机系统，特别是微型计算机系统中不可缺少的人机对话工具，用来输入主要由字符和数字组成的数据和程序。

鼠标器 (Mouse) 简称鼠标，用以确定显示器屏幕位置坐标，是目前计算机系统中必备的输入设备。鼠标上有 2 个 (或 3 个) 按键，在专门软件的支持下，操作者可手持鼠标在桌面或一块专用板上滑动，鼠标指针就在显示器屏幕上移动，移到所选位置，按下有关按键，就可完成菜单选择、定位拾取等操作。

其他输入设备还有：扫描仪 (Scanner)、数字化仪 (Digitizer)、光笔 (Light Pen)、条形码扫描器 (Barcode Scanner)、触摸屏、各种模/数 (A/D) 转换器、数码相机等。

(2) 输出设备和外围设备。输出设备 (Output Equipment) 的功能是输出计算机的处理结果。输出的形式，可以是数字、字母、文字、表格、图形、图像和声音等。最常用的输出设备是显示器 (Display) 和打印机 (Printer)，还有绘图仪 (Plotter)、X-Y 记录仪、音箱、各种数/模 (D/A) 转换器等。

从数据输入/输出的角度看，外存储器 (硬盘、软盘、光盘、磁带机等) 也可以看做输入/输出设备。当从磁盘、磁带或光盘读取信息时，它们是输入设备；当向磁盘、磁带或可刻录光盘保存信息时，它们是输出设备。

输入设备和输出设备又统称 I/O 设备，键盘、鼠标和显示器是每台现代微型计算机必备的 I/O 设备，其他设备则根据应用的需要有选择地配置。

I/O 设备属于外围设备，但外围设备除 I/O 设备外，还应包括外存储器设备、多媒体设备、网络通信设备和输入/输出处理机等。

(3) 存储器。存储器 (Memory) 是计算机用来存放程序和数据的记忆部件，是计算机各种信息存放和交流的中心。它的基本功能是在控制器的控制下按照指定的地址存入和取出信息。

存储器可分为内存储器与外存储器，简称内存与外存。

内存是由中央处理器直接访问的存储器，它存放着现在运行的程序和数据，也可以存储

计算的结果或中间结果。由于其直接和运算器、控制器交换信息,因此要求存取速度快,但存储容量较小。目前计算机的内存储器都采用大规模集成电路制成的半导体存储器。半导体存储器具有存储密度大、体积小、重量轻、存取速度快等优点,并且使用灵活。当前微型计算机内存容量一般都在 1GB 以上,双核或多核处理器的 PC (Personal Computer) 机基本内存已达 4GB,并可扩充到 8GB,甚至更高。内存通常由两种半导体存储芯片随机存取存储器 RAM (Random Access Memory) 和只读存储器 ROM (Read-Only Memory) 组成,通常称为主存储器。

外存储器简称“外存”,是主机的外围设备,用来存储大量的暂时不参加运算或处理的数据和程序,因而允许速度较慢。一旦需要,可成批地与内存交换信息。它是主存储器的后备和补充,称为“辅助存储器”,如磁盘存储器、磁带存储器、光盘存储器等。外存的特点是存储容量大、可靠性高、位价格低,在脱机情况下可以永久地保存信息。

(4) 运算器。运算器 (Arithmetic Unit) 的功能是在控制器的指挥下,对信息或数据进行处理和运算,包括算术运算和逻辑运算,所以在其内部有一个算术逻辑部件 ALU (Arithmetic and Logical Unit)。因为所有的算术运算基本上都可以分解为加法和移位两种基本操作,运算器中还应存放操作数和运算结果的寄存器,包括移位寄存器和若干通用寄存器。运算器的功能可以归纳为以下 3 点。

- ① 实现对数据的算术运算和逻辑运算;
- ② 暂时存放参与运算的数据和某些中间运算结果;
- ③ 挑选参加运算的数据,选择要执行的运算功能,并把运算结果输出到所要求的部件中。

(5) 控制器。控制器 (Controller) 是计算机的控制中心,用来实现计算机本身运行过程的自动化。它指挥计算机各部件按照指令功能的要求进行所需要的操作。它从存储器中取出指令,解释指令的操作码和地址码,并根据译码,产生一系列的控制信号,去控制计算机各部件协调地工作,并控制程序的执行顺序。因此,控制器的主要工作是不断地取指令、分析指令和执行指令。控制器由程序计数器、指令寄存器、指令译码器、时序产生器和操作控制器组成,它的功能可以归纳为以下 3 点。

- ① 从内存中取出一条指令,并指出下一条指令在内存中位置;
- ② 对指令进行译码或测试,并产生相应的操作控制信号,以便启动规定的动作;
- ③ 指挥并控制 CPU、内存和输入/输出设备之间数据流动的方向。

运算器和控制器之间在逻辑关系上是非常密切的,它们之间频繁地交换着大量的信息。在第三代计算机中,还可以从结构上分清楚哪是运算器,哪是控制器;到了第四代计算机,随着半导体制造工艺的进步,运算器和控制器被集成在一个芯片上,这样的集成电路芯片称为中央处理器 (CPU)。CPU 对外有标准的信号连接线,我们称它为总线,总线包括地址总线、数据总线和控制总线。通过总线可以把整个计算机的各个部件连接起来。

中央处理器 CPU 主要包括运算器、控制器、总线和时钟等部件,计算机的主机则由 CPU 和内存储器组成。在微机中使用的 CPU 也称为微处理器。

1.1.3 计算机程序、指令和语言

1. 程序

计算机的程序 (Program),就是用某种特定的符号系统 (指令或语言) 对被处理的数据

和实现算法的过程进行的描述,是为解决某一问题而设计的一系列排列有序的指令或语句的集合。程序送入计算机,存放在存储器中,计算机按照程序,即按照为解决某一问题而设计的一系列排好顺序的指令或语句进行工作。人们要让计算机做的工作可能是很复杂的,因而指挥计算机工作的程序也就可能是庞大而复杂的,还可能经常要对程序进行修改与完善,为了便于阅读和修改,必须对程序做必要的说明,并整理出有关的资料。要运行程序,有时需要输入一些必要的数。所以,计算机软件就是能指挥计算机工作的程序和程序运行时所需要的数,以及与这些程序和数有关的文字说明和图表资料,其中文字说明和图表资料又称为文档。

2. 指令

指令(Instruction)是指挥计算机如何工作的命令。它通常由一串二进制数码组成,即由操作码和地址码两部分组成。操作码规定了操作的类型和性质,即进行什么样的操作;地址码规定了要操作的数据以及操作结果的存放地址。因此,指令就是由操作码和地址码组成的一串二进制数码。比如,下面一串二进制数码就是某小型机的一条加法指令(指令字长16位):

0110000010000001

为了清楚起见,用八进制数表示为:060201,即0110000010000001,这里,八进制数06(二进制数0110)是操作码,它表示加法操作;八进制数0201(二进制数000010000001)是地址码,有两个操作数的地址,源操作数地址02,表示是2号寄存器,目的操作数地址01,表示是1号寄存器。这条指令的含义是把2号寄存器中的数加上1号寄存器中的数,其和存放在1号寄存器中。

一台机器上的全部指令称为这台机器的指令系统或指令集(Instruction Set)。机器类型不同,其指令集也不同。

3. 计算机语言

计算机语言(Computer Language)指的是程序设计语言。要使用计算机解决某一实际问题,就需要编写程序,这就必须掌握计算机的程序设计语言。程序设计语言分为3种类型:机器语言、汇编语言和高级语言。

(1) 机器语言。机器语言(Machine Language)是一种二进制语言,它是用二进制代码表示的机器指令来描述的。用机器语言编写程序就是用机器指令来描述所求解问题的过程和步骤,这样的程序称为机器语言程序,或称二进制语言程序。

由于计算机的机器指令与计算机的硬件密切相关,用机器语言编写的程序具有充分发挥硬件功能的特点,程序也容易编写得紧凑,机器语言又是计算机唯一能直接识别、直接执行的计算机语言,所以机器语言程序的运行速度很快。但是机器语言程序很不直观,难懂、难写、难记,也难以修改和维护。同时,机器语言是每种计算机所固有的,不同类型的计算机,其指令系统和指令格式都不一样,针对某一种型号的计算机所编写的程序就不能在另一种型号计算机上运行,即机器语言程序没有通用性。机器语言只在计算机发明初期使用。

(2) 汇编语言。由于用机器语言编写程序有很多困难和缺点,为了便于使用计算机,20世纪50年代初发明了汇编语言(Assembler Language)。汇编语言和机器语言基本上是一一对应的,但在表示方法上做了根本性的改进,用一种助记符来代替操作码,用符号来表示操作数地址(地址码),这些助记符通常使用指令功能英文单词的缩写,以便于记忆。例如,用