

主编 王诚
副主编 陶水龙

计算机组成原理

(本科)



中央广播电视大学出版社

计算机组成原理

(本科)

主 编 王 诚

副主编 陶水龙

中央广播电视大学出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理: 本科 / 王诚主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2008. 6

ISBN 978 - 7 - 304 - 04088 - 8

I. 计… II. 王… 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 (2008) 第 085195 号

版权所有, 翻印必究。

计算机组成原理 (本科)

主 编 王 诚

副主编 陶水龙

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部 010 - 58840200

总编室 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 吴国艳

责任印制: 赵联生

版式设计: 韩建冬

责任校对: 王 亚

印刷: 北京集惠印刷有限责任公司

版本: 2008 年 6 月第 1 版

开本: 787 × 1092 1/16

印数: 0001 ~ 5000

2008 年 6 月第 1 次印刷

印张: 13.5 字数: 300 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 04088 - 8

定价: 19.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

中央广播电视大学开放教育
计算机科学与技术系列规划教材编委员

顾 问：葛道凯

主 任：李林曙 于二元

副主任：陶水龙 杨孝堂 刘 臣

成 员：李伟生 胡 俊 崔 林 郭 鸿

袁 薇 何晓新 王春风 顾静相

内 容 简 介

本书是中央广播电视大学计算机科学与技术专业本科教材，分为8章，全面而比较系统地讲解计算机组成的原理知识和内部运行机制，包括：数据表示和运算器、指令系统和控制器、3级结构的存储器系统、输入和输出设备与系统。作为课程的补充知识，给出了指令流水线、并行计算机系统的基本概念和基础知识。本教材的内容深入浅出，有利于降低学生的学习难度。

本书既可作为高等院校计算机或相关专业“计算机组成原理”课程的教材，也可供从事与计算机相关业务的生产、科研和工程技术人员参考。

前 言

本书是中央广播电视大学计算机科学与技术本科专业的新版教材。与前几年所用教材相比,本书在内容选择和知识层次等方面有重大变动,特色更为鲜明,符合新的课程体系与教学安排。本教材的内容深入浅出,极大地降低了学生的学习难度。

在内容选择方面,首先期望能向学生提供计算机组成方面更完整、更系统的知识。在硬件知识为主的前提下,适当地结合更底层的软件内容,把课程教学架设在有一定完整性的硬软件系统平台之上,并提供了汇编语言的基本概念和程序设计入门性知识。

其次,期望在计算机组成原理内容的基础上,进一步增加部分系统结构的基本概念和基础知识。这属于提高性的知识,自学为主。

在知识层次方面,把主要的教学内容,按照基本通用原理、简明原理示例和典型产品现状这样3个层次来逐层讲解。**基本通用原理**是基础,是学习与理解计算机组成与运行机制的核心知识,其特点是稳定性(不随时间变迁而改变)和通用性(不随具体机型而变化),是学生一定要掌握的部分。这部分内容中强调知识的基础性原理,所用文字并不是太多,是容易学懂的。问题是没有一台实际的计算机是完全遵照基本原理来实现的,换句话说,要把原理转化成真实的计算机系统,还有许多的技术与工程、工艺问题需要解决。在**典型产品现状**这个层次,我们只能给出在成功的计算机系统中设计实现的结果及其特性,可以体现用到的基本原理,更着重展现计算机当前的技术水平和发展现状。**简明原理示例**这个层次处在基本通用原理和典型产品现状这两个层次之间,强调运用学习到的基本原理知识,设计实现一台简单(易学、价廉)计算机系统的方法与过程,增加对所学知识的理解深度和应用能力,尽量做到把学习知识和增长能力结合起来。

与前几年所用教材相比,具体变动主要体现在以下几个方面:

1. 在计算机系统概述一章,增加了计算机系统的主要技术和性能指标一节,

使学生能够尽早地对计算机组成概貌有一个完整认识,对计算机系统中的核心术语有个初步了解,为接下来的学习勾画出比较清晰的系统知识框架。

2. 取消了数字电路和计算机中逻辑部件一章的内容,希望通过其他措施让学生初步了解这些属于计算机组成原理课程必备的知识与技术。

3. 在计算机功能部件的组成与运行原理这一部分,更加强调基本原理,尽可能地淡化对 CPU 系统设计实现的讲解,从而明显地降低了学生的学习难度。作为示例,介绍 RISC 结构的 MIPS 计算机的指令系统及其简单实现,控制器改为硬连线方案为主,而把微程序控制器作为补充内容。

4. 存储器系统、输入/输出设备与输入/输出系统这两章的内容改动很大,差不多完全重写,也增加了部分新的知识,更加突出基本概念和基础知识,有较强的实用性。

5. 在控制器一章,适当地介绍了指令流水线的基本概念、基础知识和需要特殊解决的某些问题;又增加了并行计算机体系结构基本概念和基础知识等内容的一章,这些大体属于计算机系统结构课程的内容,不作为本课程的基本教学要求。

在教材的内容组织中,特别强调少而精的原则,教材篇幅缩减很多,某些更详细的讲解性的内容请查阅其他书籍。此外,书中每一章都给出导言、知识结构图和小结等内容,多数章节还给出了主要术语和概念。

教学安排中,教学学时定为 72 学时,简化了硬件系统的教学实验,并结合课程教学环节和考试改革的需要,调整了每一章后面的习题类型和习题内容。

本书的第 1, 4, 5, 8 章由王诚编写,第 2, 3 章由陶水龙编写,第 6 章由侯彦华编写,第 7 章由宁晨编写,王诚和陶水龙对全书进行了统编。以上人员构成本书编写组。

受时间和作者水平所限,书中会存在不足或不当之处,敬请广大读者批评指正。

王 诚

2008 年 3 月于清华大学计算机系

目 录

1 计算机系统概述	(1)
1.1 计算机系统的基本组成和它的层次结构	(2)
1.2 计算机硬件系统的 5 个功能部件及其功能	(5)
1.3 计算机硬件系统的主要的技术和性能指标	(8)
1.4 计算机系统的体系结构、组成和实现概述	(10)
1.5 计算机系统的发展、应用与分类	(12)
思考与练习	(16)
2 数据表示和运算方法	(17)
2.1 二进制码与不同进制数之间的转换	(18)
2.1.1 二进制码与进位计数制	(18)
2.1.2 不同进制数之间的转换	(19)
2.2 定点数在计算机内的表示与编码	(21)
2.2.1 定点小数和整数的编码方法	(22)
2.2.2 二-十进制数的编码	(25)
2.3 浮点数在计算机内的表示	(26)
2.4 文字和多媒体信息的表示与编码	(29)
2.4.1 西文字符的编码	(29)
2.4.2 汉字的编码	(30)
2.4.3 多媒体信息的编码	(31)
2.5 数据校验码	(34)
2.6 二进制数值数据的运算算法	(37)
2.6.1 补码加法与减法运算规则及电路实现	(37)
2.6.2 原码一位乘法与除法的运算算法	(39)
思考与练习	(42)
3 计算机的运算器部件	(45)
3.1 算术逻辑运算部件的功能设计与线路实现	(46)

3.2 计算机的定点运算器	(48)
3.2.1 定点运算器部件的功能、组成与控制	(48)
3.2.2 MIPS 计算机多周期 CPU 系统中的运算器部件的组成与实现	(50)
3.2.3 运算器芯片 Am2901 实例与使用	(52)
3.3 浮点运算和浮点运算器	(56)
3.3.1 浮点数的运算规则	(56)
3.3.2 浮点运算器举例	(60)
思考与练习	(63)
4 指令系统和汇编语言程序设计	(65)
4.1 指令格式和指令系统概述	(66)
4.1.1 指令的定义与指令格式	(66)
4.1.2 操作码的组织与编码	(67)
4.1.3 有关操作数的类型、个数、来源、去向和地址安排	(68)
4.1.4 指令的分类	(70)
4.1.5 指令周期及其对计算机性能和硬件结构的影响	(71)
4.2 寻址方式概述	(72)
4.3 指令系统举例	(75)
4.3.1 Pentium II 计算机的指令系统	(76)
4.3.2 MIPS32 计算机的指令系统	(78)
4.3.3 教学示例计算机的指令系统	(79)
4.4 计算机的汇编语言程序设计简介	(82)
4.4.1 汇编语言及其程序设计中的有关概念	(82)
4.4.2 示例计算机支持的语言	(83)
4.4.3 示例计算机的汇编语言程序设计举例	(85)
思考与练习	(88)
5 计算机的控制器部件	(90)
5.1 控制器的功能与组成概述	(91)
5.2 硬连线控制器部件	(92)
5.2.1 硬连线控制器的组成和运行原理简介	(93)
5.2.2 MIPS32 计算机的控制器简介	(94)
5.3 微程序控制器部件	(100)
5.3.1 微程序控制器的基本组成和运行原理	(100)
5.3.2 微程序设计中的下地址形成逻辑和微程序设计	(103)

5.4 指令流水线的概念和实现技术	(104)
5.4.1 流水线的基本概念和主要性能指标	(104)
5.4.2 指令流水线中的相关问题及其解决方案	(107)
5.4.3 指令级并行技术	(108)
思考与练习	(110)
6 存储器系统	(112)
6.1 存储器概述	(113)
6.1.1 存储器的分类	(113)
6.1.2 主存储器的技术指标	(115)
6.1.3 存储系统的层次结构	(116)
6.2 半导体存储器	(117)
6.2.1 随机存取存储器	(117)
6.2.2 只读存储器	(120)
6.2.3 DDR 与 DDR II	(122)
6.3 主存储器	(123)
6.3.1 主存储器的基本组成	(123)
6.3.2 主存储器的基本操作	(124)
6.3.3 主存储器的组织	(125)
6.3.4 提高存储器系统性能的途径	(127)
6.4 辅助存储器	(129)
6.4.1 辅助存储器的种类及技术指标	(129)
6.4.2 硬盘存储器	(131)
6.4.3 磁盘阵列技术	(134)
6.4.4 光存储系统的组成与运行原理	(135)
6.5 高速缓冲存储器	(138)
6.5.1 Cache 的结构与运行原理	(138)
6.5.2 Cache 的 3 种地址映像方式	(141)
6.5.3 Pentium 处理器的 Cache 管理	(144)
6.6 虚拟存储器	(146)
6.6.1 虚拟存储器的功能与特点	(146)
6.6.2 页式虚拟存储器	(146)
6.6.3 段式虚拟存储器	(148)
6.6.4 段页式虚拟存储器	(149)
思考与练习	(150)

7 输入/输出设备与输入/输出系统	(153)
7.1 输入/输出设备	(154)
7.1.1 输入/输出设备的分类及工作特点	(154)
7.1.2 几种常用的输入/输出设备简介	(155)
7.2 输入/输出接口	(163)
7.2.1 接口的基本组成、功能和类型	(163)
7.2.2 端口的编址与寻址	(165)
7.2.3 几种标准外部接口	(166)
7.3 输入/输出方式	(169)
7.3.1 程序查询方式	(170)
7.3.2 程序中断方式	(170)
7.3.3 直接存储器访问 (DMA) 方式	(173)
7.3.4 I/O 通道控制方式和 I/O 处理机方式	(174)
7.4 总线技术	(175)
7.4.1 总线概述	(175)
7.4.2 总线仲裁和数据传送控制	(179)
7.4.3 系统总线标准举例	(181)
7.4.4 Pentium 计算机的总线系统	(183)
思考与练习	(185)
8 并行计算机体系结构	(187)
8.1 基础知识与基本概念	(188)
8.1.1 计算机体系结构的分类	(188)
8.1.2 并行计算机系统的性能问题	(189)
8.1.3 并行计算机系统的软件技术	(192)
8.2 SIMD 计算机简介	(194)
8.3 基于共享内存的多处理机系统	(196)
8.3.1 一致性内存访问的 UMA 多处理机系统	(197)
8.3.2 非一致性内存访问的 NUMA 多处理机系统	(198)
8.3.3 仅高速缓存访问的 COMA 多处理机系统	(199)
8.4 基于消息传递的多计算机系统	(200)
8.4.1 大规模并行处理机 MPP	(201)
8.4.2 工作站集群 COW	(202)
思考与练习	(203)
参考文献	(204)

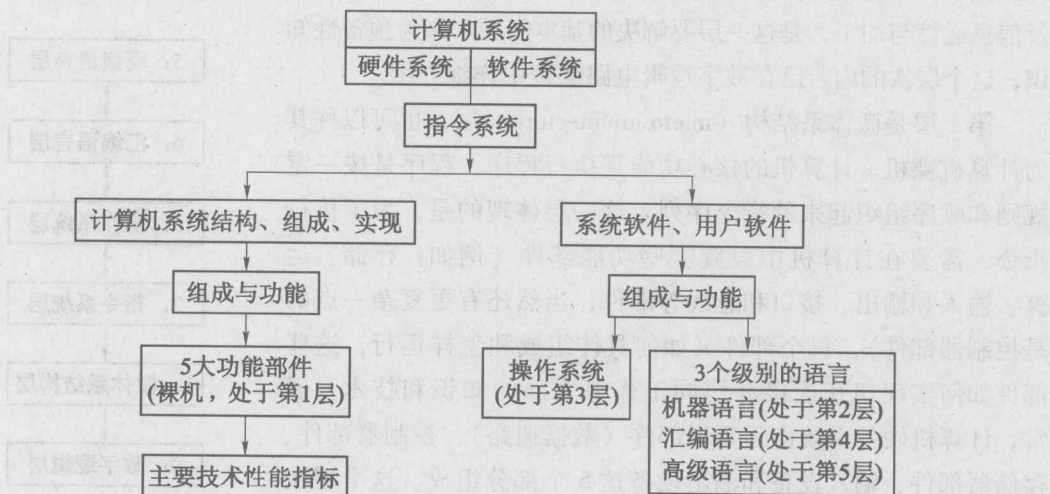
1 计算机系统概述

导 言

计算机系统是一种能够自动、高速和准确地对各种信息进行处理、存储并输出的电子设备，完整的计算机系统由硬件（hardware）和软件（software）两大部分组成。通常情况下，人们提及的计算机都是特指电子数字计算机系统，这里的定语“电子数字”表明计算机中关键逻辑功能由电子线路实现，使用的线路都是数字电路，运算和处理的是二进制的离散数据。这类计算机具有处理各种数据和信息的通用功能。

本章将从计算机系统的基本组成和层次结构开始，简要介绍组成计算机硬件系统各部件的基本功能、技术性能指标、体系结构，以及计算机系统的发展、应用和分类。

知识结构图



1.1 计算机系统的基本组成和它的层次结构

通过本节学习，希望大家能够：

1. 叙述计算机系统的组成关系；
2. 简要叙述组成计算机系统的6层结构中各层的作用和相互的关系。

完整的计算机系统由硬件（hardware）和软件（software）两大部分（两类资源）组成。

计算机的硬件系统是计算机系统物理设备，是一种高度复杂的、由多种电子线路和精密机械装置等构成的、能自动并且高速地完成数据计算的装置或者工具。计算机的软件系统是计算机系统程序和有关数据，包括完成计算机资源管理、方便用户使用的系统软件（厂家提供）和完成用户对数据的预期处理功能的用户软件（用户设计并自己使用）这样两大部分。计算机的硬件、软件，二者相互依存，分工互动，缺一不可。硬件是计算机系统中保存与运行软件程序的物质基础，软件则是指挥硬件完成预期功能的智力部分，正如一个健全和健康的人一样，必须同时具备物质性的肉体和精神性的智力与思维。

计算机硬件和软件系统的组成关系可以从如图1.1所示的6个层次来进一步深入认识。图中最下面的两层属于硬件部分，最上面的3层属于软件部分，而中间的指令系统层连接了硬件和软件两部分，与两部分都有密切关系。

由图1.1可知，构成计算机系统的最底层即第0层，是数字逻辑层。这说明实现计算机硬件的最重要的物质材料是电子线路，是能够直接处理离散的数字信号的数字逻辑电路。涉及的计算机硬件的基础知识就是数字逻辑和数字门电路，使用何种电路实现信息存储、信息传送以及信息运算与加工，是这一层要解决的基本问题。作为预备性知识，这个层次的内容已在数字逻辑电路课程中详细介绍。

第1层是微体系结构（micro architecture）层，也可以称其为计算机裸机。计算机的核心功能是执行程序，程序是按一定规则和顺序组织起来的指令序列。这一层体现的是，为了执行指令，需要在计算机中设置哪些功能部件（例如：存储、运算、输入和输出、接口和总线等部件，当然还有更复杂一点的是控制器部件），每个部件又如何具体组成和怎样运行，这些部件如何实现相互连接并协同工作等方面的知识和技术。通常，计算机硬件系统由运算器部件（数据通路）、控制器部件、存储器部件、输入设备和输出设备这5个部分组成。这个层次是计算机组成原理的主要内容。

第2层是指令系统（instruction set）层，它介于硬件和软

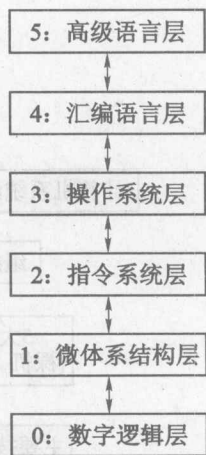


图 1.1 计算机系统层次结构

件之间。这涉及需要确定使用哪些指令，指令能够处理的数据类型和对其运算所用的算法，每一条指令的格式和完成的功能，如何指出想要对其执行读操作或者写操作的存储器的一个存储单元，如何指出想要执行输入或者输出操作的一个外围设备，对哪一个或哪两个数据进行运算，执行哪一种运算、如何保存计算结果等。指令系统是计算机硬件系统设计、实现的最基本和最重要的依据，与计算机硬件实现的复杂程度、设计程序的难易程度、程序占用硬件资源的多少、程序运行的效率等都直接相关。说到底，硬件系统就是要实现每一条指令的功能，能够识别和执行由指令代码序列组成的程序。当然，指令系统与计算机软件的关系也十分密切，指令是用于设计程序的。在计算机内部，全部的程序最终都是由指令系统所提供的指令代码组成的，计算机硬件能够直接识别和执行的只能是由指令代码组成的程序。一台计算机的指令系统，对计算机厂家和用户来说都是很重要的一件事情，需要非常认真仔细地分析和对待。指令系统设计属于计算机系统结构的范围，合理选择可用的线路实现每一条指令的功能则是计算机组成的主要任务。

第3层是操作系统（operating system）层。它主要分担计算机系统资源的管理与分配，也向使用者和程序设计人员提供简单、方便、高效的服务。一套计算机系统，包含了大量的、高价的、管理和使用相当复杂的硬件资源和软件资源，不仅一般水平的使用人员，就是水平很高的专业人员都难以直接控制 and 操作，还是把资源管理和调度功能留给计算机系统本身来完成更可靠，而这些功能是由操作系统承担的。操作系统的存在，又为使用计算机的用户提供了许多支持，与程序设计语言相结合，使得程序设计更简化，建立用户的应用程序和操作计算机更方便。它是直接或者间接使用计算机硬件指令系统所提供的指令设计出来的程序，并把一些常用功能以操作命令或者系统调用的方式提供给使用人员。就此而言，也可以说操作系统进一步扩展了原来的指令系统，提供了新的可用命令，从而构成一台比起纯硬件系统（计算机裸机）功能更加强大的计算机系统。操作系统不属于计算机组成的内容，在计算机专业的教学安排中应该设置这门软件课程。

第4层是汇编语言（assembly language）层。计算机是由人指挥控制，供人来使用的。使用计算机的人员要有办法把自己的意图告知给计算机，为完成这种“对话”，就需要使用某种语言。遗憾的是，计算机还不能（至少目前尚不能低成本地实现）听懂人类的自然语言，更无法执行人类自然语言的命令。最简单的解决办法是，让计算机使用它的硬件可以直接识别、理解的，用电子线路容易处理的一种语言，这就是计算机的机器语言，又称为二进制代码语言，也就是计算机的指令。一台计算机的全部指令构成该计算机的指令系统。由此可以看出，实质上计算机的基础硬件是在机器语言的层次上被设计与实现出来的，并且可以直接识别和执行的只能是由机器语言构成的程序。但是使用计算机的人员却很难接受并使用这种语言。

汇编语言大体上是对计算机机器语言的符号化处理的结果，再增加一些为方便程序设计而实现的扩展功能。与机器语言相比，汇编语言至少有两大优点。首先实现用英文单词或其缩写形式替代二进制的指令代码，更容易为人们记忆和理解；其次是可以选用含义明确的英文单词来表示程序中用到的数据（常量和变量），并且避免程序设计人员亲自花费精力为这

些数据分配存储单元。在此基础上,汇编语言还可以在支持程序的不同结构特性(如循环和重复执行等结构)。子程序所用形式参数替换为真实参数等方面提供必要的支持。汇编语言的程序必须经过一个叫做汇编程序的系统软件的翻译,将其转换为计算机的机器语言后,才能在计算机的硬件系统上予以执行。计算机组成原理课程教学过程中适当使用汇编语言是必要的。

第5层是高级语言层,高级语言又称算法语言(algorithm language)。它的实现思路,不再是过分地“靠拢”计算机硬件的指令系统,而是着重面向解决实际问题所用的算法,更多的是为方便程序设计人员写出自己解决问题的处理方案和解题过程的程序。目前常用的高级语言有BASIC, C, C++, PASCAL, JAVA和PROLOG等多种。用这些语言设计出来的程序,通常需要经过一个叫做编译程序的软件编译成机器语言程序,或者首先编译成汇编程序后,再经过汇编操作后得到机器语言程序,才能在计算机的硬件系统上予以执行;也可以由一个叫做解释执行程序的软件,逐条取来相应高级语言程序的每个语句并直接控制其完成执行过程,而不是把整个程序编译为机器语言程序之后再交给硬件系统加以执行,解释执行程序的最大缺点是运行效率比很低。高级语言不属于计算机组成课程的内容。

在高级语言层之上,还可以有应用层。它由解决实际问题的处理程序组成,例如文字处理软件、数据库软件、网络软件、多媒体信息处理软件和办公自动化软件等。但这些内容已经超出了本书的讨论范围,不在这里赘述。换句话说,计算机是用于解决各种应用问题的系统,为有应用而存在,为处理各种应用问题而体现出它的性能和价值。

上述可知,计算机系统的6层结构在不同层次之间的关系表现为:

①上一层是建立在下一层的基础上实现出来的,实现的功能更强大。也就是说,上一层较下一层更接近人们解决问题的思维方式和处理问题的具体过程,更便于使用,而且使用这一层提供的功能时,不必关心下一层的实现细节。

②下一层是实现上一层的基础,更接近计算机硬件实现的细节,实现的功能相对简单,人们使用这些功能更感到困难。在实现这一层的功能时,可能尚无法了解其上一层的最终目标和将要解决的问题,也不必理解其更下一层实现中的有关细节问题,只要使用下一层所提供出来的功能来完成本层次的功能处理即可。

③采用这种分层次的方法来分析 and 解决某些问题,有利于降低处理问题的难度。在某一段时间,在处理某一层中的问题时,只需集中精力解决当前最需要关心的核心问题即可,而不必牵扯各上下层中的其他问题。例如,在用高级语言设计程序时,无需深入了解汇编及其各低层内容。

在大部分的教材中,人们通常把没有配备软件的纯硬件系统成为“裸机”,这是计算机系统的根基或称“内核”,它的设计目标更多地集中到有利于提高性能又方便硬件实现和降低成本,因此提供的功能相对较弱,只能执行由机器语言构成的程序,非常难以使用。为此,人们期望能开发出功能更强、更接近人的思维方式和使用习惯的语言,这是通过在裸机上配备适当的软件来完成的。每加一层软件就构成一个新的“虚拟计算机”,功能更强大,

使用也更加方便。例如，可以把计算机系统的第1~5层分别称为裸机，L1虚拟机（支持机器语言），L2虚拟机（增加了操作系统），L3虚拟机（增加了汇编语言）和L4虚拟机（增加了高级语言）。

1.2 计算机硬件系统的5个功能部件及其功能

通过本节学习，希望大家能够：

- 1. 简要叙述计算机硬件系统的5个部件的功能；
- 2. 简要叙述5个功能部件之间的连接关系。

计算机系统的核心功能是执行程序。为此，首先必须有能力把要运行的程序和用到的原始数据输入到计算机内部并存储起来，接下来应该想办法逐条执行这个程序中的每一条指令以完成数据运算并得到运算结果，最后还要可以把运算结果输出出来供人检查和使用。为此，一套计算机的硬件系统需要由下述几个相互连接在一起的部件和设备组成，如图1.2所示。

在图1.2中通过5个方框图给出了计算机硬件系统的5个基本功能部件。其中的4个部件所分担的功能，通过方框中的文字说明已经表示出来。例如，输入设备完成对程序和原始数据的输入功能，存储器部件完成对程序和数据的存储功能，运算器部件完成对数据的运算处理功能，输出部件完成对运算处理结果的输出功能，而控制器部件则是依照每条指令的运行功能的需要，向各个部件和设备提供它们协调运行所需要的控制信号。

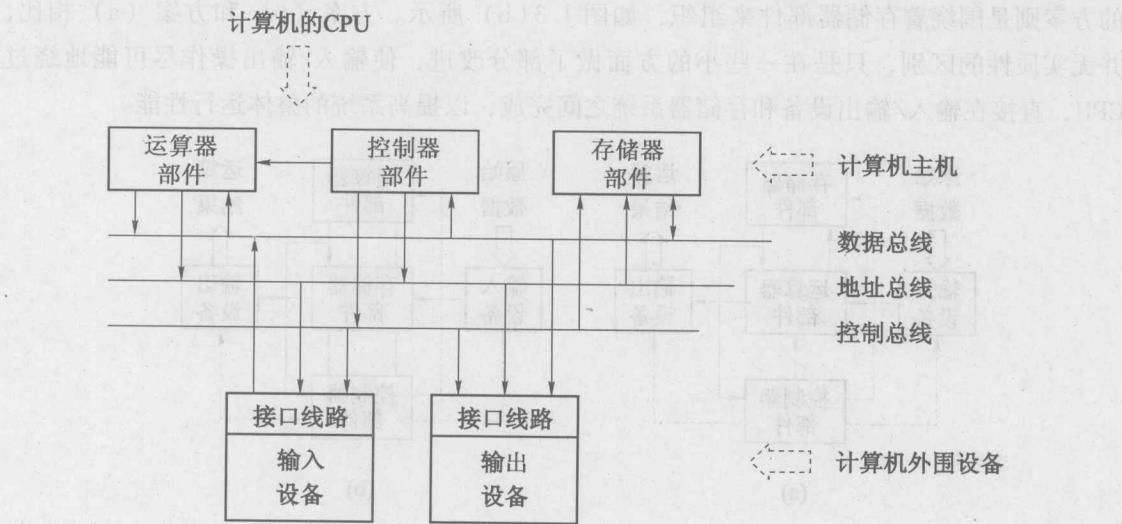


图 1.2 计算机硬件系统的组成示意图

说到这里，我们可以把计算机系统想象为一个加工处理数据的“工厂”，则运算器部件就是数据加工车间，存储器部件就是存放原材料、半成品和最终产品的库房，输入设备相当于运入原材料的运货卡车，输出设备相当于发出最终产品的运货卡车，控制器部件则相当于承担领导指挥功能的厂长和各个职能办公室。在“领导”的正确指挥下，如果能够源源不断地取得原材料，工厂内又有存放的场所，车间能够对这些原材料进行指定的加工处理，加工后的产品可以畅通地运出去销售，则这个工厂（计算机）就纳入正常运行的轨道。

图中上部标记为部件的3个组成部分，通常是使用电子线路实现的，安装在一个金属机柜内或者印制电路板上，被称为计算机的主机。左边的数据运算部件和计算机控制部件，合称为计算机的中央处理器（center processing unit, CPU），又称为处理机（processor）。

图中下部标记为设备的2个组成部分，通常是使用精密机械装置和电子线路共同制作出来的，也可以合称为输入/输出设备，又称其为计算机的外围设备。

图中中部画出的是计算机的3种类型的总线。这3种类型的总线分别是：数据总线，用于在这些部件和设备之间传送属于数据信息（指令和数据）的电气信号；地址总线，用于在这些部件或设备之间传送属于地址信息的电气信号，以选择存储部件中的一个存储单元，或者外围设备中的一个设备；控制总线，用于向存储部件和外围设备传送起控制作用的信号，其作用是指定在CPU和这些部件或者设备之间数据传送的方向以及操作的性质（读操作还是写操作）等。可以看到，计算机的5个功能部件正是通过这3种类型的总线被有机地连接在一起，从而构成一台完整的、可以协调运行（执行程序）的计算机硬件系统。

在计算机中，普遍的体系结构是由冯·诺依曼先生提出来的被称为存储程序的计算机。早期计算机的几个部件是围绕着运算器部件来组织的，如图1.3(a)所示，其特点是在存储器和输入/输出设备之间传送数据都是经过运算器完成的。在当前流行的计算机中，更常用的方案则是围绕着存储器部件来组织，如图1.3(b)所示。方案(b)和方案(a)相比，并无实质性的区别，只是在一些小的方面做了部分改进，使输入/输出操作尽可能地绕过CPU，直接在输入/输出设备和存储器系统之间完成，以提高系统的整体运行性能。

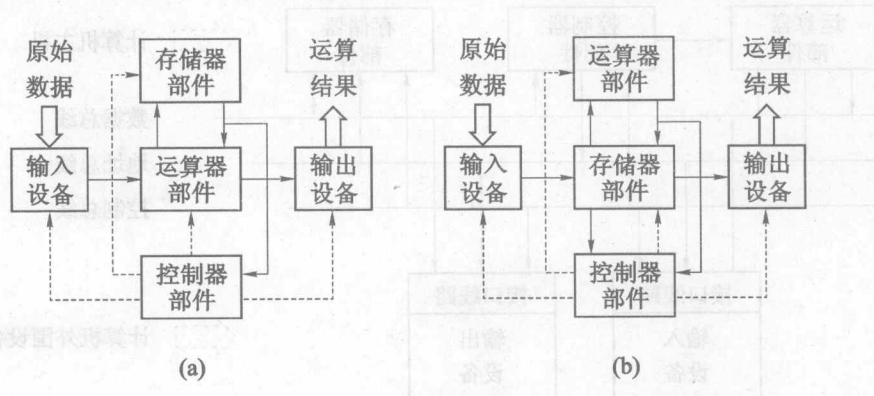


图 1.3 计算机的组成结构