

计算机 组成原理

包 健
冯建文 编著
章复嘉

SHIJI
GAODEN
JIAOYU
JINGPIN
DAXI

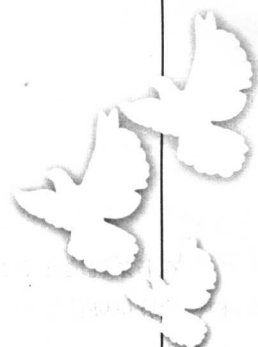
世纪高等教育精品大系

浙江科学技术出版社

浙江省高等教育重点教材

计算机 组成原理

包健 冯建文 章复嘉 编著



世纪高等教育精品大系

浙江科学技术出版社

内容简介

本书系统地介绍了单机系统计算机的组成结构与基本工作原理。内容包括计算机系统组成及其层次结构、计算机硬件基础、信息编码与数据表示、运算方法与运算器、存储体系、指令系统、控制器及输入输出系统。

本书配有相应的 Yy-z02 计算机组成原理实验系统及其实验 CAI 软件,使理论教学与实践环节相结合,提高学生的学习兴趣及动手能力。本书每章后面都附有习题,并开发了与本书配套的多媒体教学软件和习题解答。如需要 CAI 课件可发邮件到baojian@hzcnc.com索取。

本书为高等学校计算机专业本科生教材,也可供从事计算机专业的科技人员、计算机爱好者及各类自学人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理/包健,冯建文,章复嘉编著. —杭州:浙江
科学技术出版社, 2004. 8
(世纪高等教育精品大系)
ISBN 7-5341-2432-8

I. 计... II. ①包...②冯...③章... 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 (2004) 第 064781 号

丛 书 名	世纪高等教育精品大系
书 名	计算机组成原理
编 著	包 健 冯建文 章复嘉
出版发行	浙江科学技术出版社
联系电话	(0571) 85152486
印 刷	杭州大众美术印刷厂
开 本	787×1092 1/16
印 张	16.5
字 数	408 000
版 次	2004 年 8 月第 1 版
印 次	2006 年 8 月第 2 次印刷
书 号	ISBN 7-5341-2432-8
定 价	30.00 元
责任编辑	刘丽丽
封面设计	孙 菁

前 言

本书是浙江省高等教育重点教材，是依据 CCC2002 教程的思想，参照 2004 年 5 月于杭州电子科技大学召开的“中国计算机科学与技术学科教程研讨会”有关课程设置以及对“计算机组成原理”课程的要求来编写的。重点讲述单机系统和串行工作为主的计算机系统组成，主线围绕 Von Neumann 计算机展开，着重于基本概念、基本原理的阐述，但也体现计算机技术发展的最新成果和最新动向。

“计算机组成原理”是计算机科学与技术学科的一门核心专业基础课，为了提高本课程的教学质量，必须安排实验来加深理解课程内容。所以本教材的作者在多年从事“计算机组成原理”课程理论教学和实践教学的基础上，结合本课程的教学特点、难点和要点，对教学内容、教学方法、实验方法和手段进行了重大改革；开发了具有创新实验思想的计算机组成原理实验系统、实验教学 CAI 软件、理论教学 CAI 软件等，使授课内容、教材、实验、教学方法综合配套，以改进教师的授课手段，加强学生的学习理解；充分提高学生的学习兴趣、学习效率及实践动手能力。

计算机组成原理全书共有 8 章，系统地介绍了计算机的组成结构和工作原理。第 1 章概论简要介绍了计算机的分类、计算机系统的层次结构以及“计算机组成原理”课程所研究的范围；第 2 章计算机硬件基础介绍了基本逻辑操作、逻辑函数化简方法、逻辑电路设计基本方法和计算机组成中常用的组合及时序逻辑电路，这一章主要是帮助没有学过数字电路的学生了解数字逻辑电路的基本知识，有助于后面章节的理解；第 3 章信息编码和数据表示介绍了数值数据和非数值数据在计算机中的表示方法，包括原码、反码、补码、移码等编码方法，及定点和浮点表示。另外，还介绍了几种常用的校验码和汉字、字符的表示方法。第 4 章运算方法和运算器则以算法为基础，硬件实现为目标，全面介绍了计算机中如何实现加、减、乘、除算术运算，既阐明了运算器的基本设计方法，又将其与 CPU 结构联系起来，放在整个计算机硬件系统的大环境中来考虑；第 5 章存储系统，从存储器的存储结构入手，介绍了存储器的分类及特点、主存的主要性能；并重点讲述了主存的扩展及与 CPU 的连接，并结合当前存储器技术发展，介绍了高性能主存；介绍了提高主存速度的方法；详细介绍了高速缓存 Cache 的原理；最后介绍了虚拟存储器的原理及存储保护的方法。第 6 章指令系统从设计角度介绍了指令的组成、操作码设计方法、地址码及其寻址方法；结合 Pentium 机指令系统举例，并结合 Yy-z02 计算机组成原理实验系统的指令设计，使学生充分理解和掌握指令系统的设计方法；还简要介绍了 RISC 指令；第 7 章控制器介绍了控制器的两种设计方法：微程序设计控制器和硬布线设计控制器，重点介绍了微程序设计的原理、步骤，并结合 Yy-z02 计算机组成原理实验系统的微程序设计实验，让学生真正掌握其设计方法。第 8 章输入输出系统概要地介绍了输入输出系统的构成和工作方式，

既满足了 CPU 及指令系统的设计需要，同时也为其后续课程作铺垫。

本教材参考学时为 66 学时。各校可根据自己的培养方向和教学时数对内容进行取舍。

本教材由包健、冯建文、章复嘉编写。参加编写工作的还有：戴钧、戴国俊、吴国华、赵辽英、王林泽、吴迎来、俞岳军、王景丽。浙江大学王泽滨教授、杭州电子科技大学王小华教授、严义教授等为教材编写提供了许多宝贵意见，特别是严义教授为教材开发了配套的 Yy-z02 计算机组成原理实验系统，特此表示感谢。

计算机科学与技术是一个发展非常快的专业，编写教材也存在着时效性问题，选材及探讨研究的广度和深度问题等等，因此本书作者期盼广大同行专家提出中肯意见。

感谢浙江省教育厅、浙江科学技术出版社对本书的支持。感谢对本书提出各种意见的专家、教师、学者以及广大的读者。

编著者

2004 年 5 月

目 录

第1章 概 论	1
1.1 计算机的分类	1
1.1.1 按信息处理特性分类	1
1.1.2 按计算机使用范围分类	3
1.1.3 按计算机的规模和处理能力分类	3
1.2 计算机的系统组成	4
1.2.1 计算机硬件系统	6
1.2.2 计算机软件系统	7
1.3 计算机系统层次结构	8
1.4 计算机主要技术指标	10
1.5 计算机的发展	11
小结	13
习题	14
第2章 计算机硬件基础	15
2.1 组合逻辑电路	15
2.1.1 逻辑门	15
2.1.2 逻辑代数的基本公式	15
2.1.3 逻辑函数的化简	17
2.2 组合逻辑电路实例	19
2.2.1 加法器	19
2.2.2 算数逻辑运算单元 ALU	22
2.2.3 译码器	25
2.2.4 多路选择器	26
2.3 时序逻辑电路	27
2.3.1 触发器	27
2.3.2 寄存器	28
2.3.3 移位寄存器	29
2.3.4 计数器	30
小结	34
习题	35
第3章 信息编码与数据表示	36
3.1 数值数据的表示	36
3.1.1 进位计数制	36
3.1.2 数据格式	40
3.1.3 定点机器数表示方法	41

3.1.4 浮点机器数表示方法	47
3.2 非数值数据的表示	50
3.2.1 字符编码	51
3.2.2 汉字编码	52
3.3 校验码	54
3.3.1 奇偶校验码	54
3.3.2 海明码	55
3.3.3 循环冗余校验码 (CRC)	58
小结	60
习题	61
第4章 运算方法与运算器	63
4.1 定点数的加减运算及实现	63
4.1.1 补码加减运算及运算器	63
4.1.2 机器数的移位运算	67
4.1.3 移码加减运算与判溢	68
4.1.4 十进制加法运算	69
4.2 定点数的乘法运算及实现	70
4.2.1 原码乘法及实现	71
4.2.2 补码乘法及实现	77
4.2.3 阵列乘法器	83
4.3 定点数除法运算及实现	85
4.3.1 原码除法及实现	86
4.3.2 补码除法及实现	90
4.3.3 阵列除法器	94
4.4 定点运算器的组成与结构	95
4.4.1 定点运算器的组成	95
4.4.2 定点运算器的内部总线结构与通路	96
4.5 浮点运算及运算器	99
4.5.1 浮点加减运算	99
4.5.2 浮点乘除运算	102
4.5.3 浮点运算器	106
小结	107
习题	107
第5章 存储体系	109
5.1 存储体系概述	109
5.1.1 存储器分类	109
5.1.2 主存储器性能指标	110
5.1.3 存储器的层次结构	112
5.2 主存储器	112
5.2.1 随机读写存储器	114
5.2.2 只读存储器	124
5.2.3 高性能的主存储器	126

5.3 主存储器与 CPU 的连接	129
5.3.1 存储器芯片介绍	129
5.3.2 存储容量的扩展	130
5.3.3 主存储器与 CPU 的连接方法	132
5.4 高速存储器	138
5.4.1 双端口存储器	139
5.4.2 多体交叉存储器	141
5.4.3 相联存储器	143
5.5 高速缓冲存储器 Cache	145
5.5.1 Cache 的基本原理	145
5.5.2 主存与 Cache 的地址映射方式	147
5.5.3 替换算法	150
5.5.4 写策略	151
5.5.5 Cache 的多层次设计	152
5.5.6 Pentium II 的 Cache	154
5.6 虚拟存储器	156
5.7 外存储器	159
5.7.1 磁盘存储器	159
5.7.2 光盘存储器	161
5.7.3 闪存盘	162
5.8 存储保护	165
小结	166
习题	167
第 6 章 指令系统	169
6.1 指令格式	169
6.2 寻址方式	172
6.2.1 指令寻址	172
6.2.2 数据寻址	173
6.3 指令类型	177
6.4 指令系统的设计技术	179
6.4.1 指令系统的要求	180
6.4.2 操作码扩展技术	180
6.5 指令系统举例	181
6.5.1 Pentium 指令系统	181
6.5.2 一种 8 位字长的指令系统设计	183
6.6 指令系统的发展	188
6.6.1 指令系统的发展演变	188
6.6.2 RISC 的特点	189
小结	190
习题	190
第 7 章 控制器	192
7.1 控制器的组成及指令的执行	192

7.1.1 控制器的组成	192
7.1.2 指令的执行过程	194
7.1.3 指令周期	199
7.2 控制方式和时序的产生	200
7.2.1 控制方式	200
7.2.2 时序脉冲发生器和启停控制	201
7.3 微程序控制器	202
7.3.1 微程序控制的基本概念	203
7.3.2 微程序控制的基本原理	203
7.3.3 微程序控制器的组成	208
7.3.4 微程序设计技术	209
7.4 微程序控制器及其微程序设计举例	220
7.4.1 微程序控制器组成实例	221
7.4.2 模型机微程序设计	226
7.5 硬布线控制器	231
7.5.1 时序系统	232
7.5.2 硬布线控制器的结构	234
7.5.3 硬布线控制器的设计方法	235
7.5.4 硬布线控制器与微程序控制器的比较	237
7.6 流水线基本工作原理	237
7.7 Pentium II CPU	239
7.7.1 Pentium II CPU 的技术性能	239
7.7.2 Pentium II 的内部结构及工作原理	240
小结	242
习题	243
第 8 章 输入输出系统	246
8.1 概 述	246
8.1.1 输入输出系统的构成	246
8.1.2 外设与 CPU 的连接	247
8.1.3 I/O 指令格式	248
8.2 输入输出接口	249
8.2.1 I/O 接口的功能	249
8.2.2 I/O 接口的组成	250
8.3 主机与外设交换信息的方式	251
8.3.1 程序查询方式	251
8.3.2 程序中断方式	252
8.3.3 直接存储器访问 (DMA) 方式	253
8.3.4 通道方式	254
8.3.5 输入输出处理机 (IOP) 方式	254
小结	254
习题	255

第1章 概论

本章主要介绍计算机系统的基本概念、一些常用的术语、计算机系统的组成及工作原理概貌、计算机的发展及应用情况,使读者对计算机系统有个大致的了解,初步建立计算机系统的整体概念,为深入学习以后各章节打下基础。

1.1 计算机的分类

1.1.1 按信息处理特性分类

计算机的种类很多,而且分类的方法也很多。按照 Michael Flynn 对计算机系统结构的分类方法,计算机在执行程序过程中,有两种信息在流动:一种是计算机指令,它从存储器流入控制器,并变成整个计算机系统的控制信号;另一种是数据,从输入设备流入存储器,再流入执行部件如运算器,运算结果流入存储器或输出设备。Flynn 称前一种信息为“指令流”,后一种信息为“数据流”。因此根据指令流与数据流的不同组合,计算机系统结构有以下4类:

1. 单指令流、单数据流 (SISD) 结构 (single instruction stream、single data stream)

SISD 是指传统的顺序执行的处理器,它由单一控制器、单一执行部件和单一存储器组成,如图 1.1 所示。控制器每次只对一条指令译码,执行部件每次只对单一数据进行处理,也有些 SISD 处理器具有指令流水线、运算操作流水线和多体交叉存储器等,从而提高计算机的速度及效率,但结构上仍是 SISD 结构。

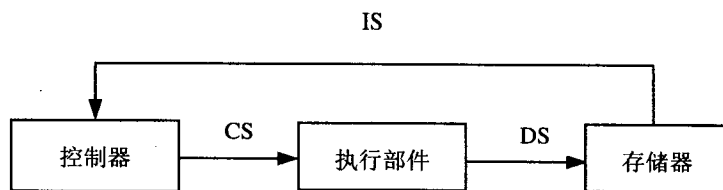


图1.1 SISD计算机结构示意图

2. 单指令流、多数据流 (SIMD) 结构 (single instruction stream、multiple data stream)

SIMD 是指由单一控制器、多个执行部件和多个存储模块组成的计算机系统结构,如图 1.2

所示。控制部件每次执行只对一条指令译码，并向多个执行部件发出相同的控制命令，使多个执行部件执行相同的操作，即单指令流的含意。而每个执行部件加工的对象都是从不同存储模块中取出不同的数据，也即多数据流的含意。例如阵列处理器就属于 SIMD。

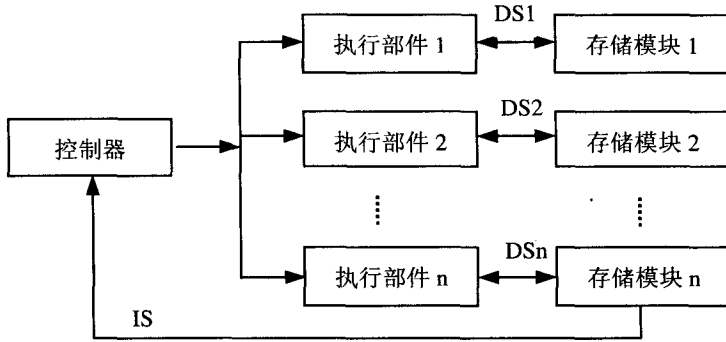


图1.2 SIMD计算机结构示意图

3. 多指令流、单数据流 (MISD) 结构 (multiple instruction stream、single data stream)

MISD 是指多个控制器、多个执行部件对单一数据同时执行不同的指令，如图 1.3 所示。但这种方式意义不大，不太使用。

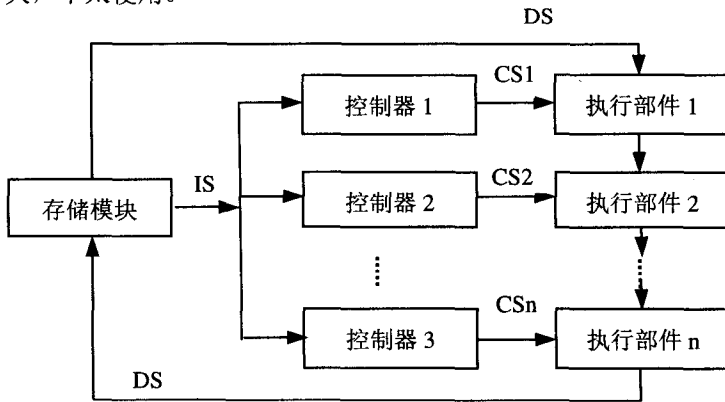


图1.3 MISD计算机结构示意图

4. 多指令流、多数据流 (MIMD) 结构 (multiple instruction stream、multiple data stream)

MIMD 是指多处理器系统，由多个控制器、多个执行部件和多个存储模块组成，并由互联网实现各处理器和各存储模块之间的联系。多指令流的含意是，各控制器从各存储模块中取出各自的指令并译码，各执行部件接受各自控制器的控制信号。多数据流的含意是，各个执行部件对各自的数据进行并行处理。MIMD 系统实际上相当于多个 SISD 系统的协调组合，可实现作业、任务、指令、数据各个层次的并行处理操作，如图 1.4 所示。

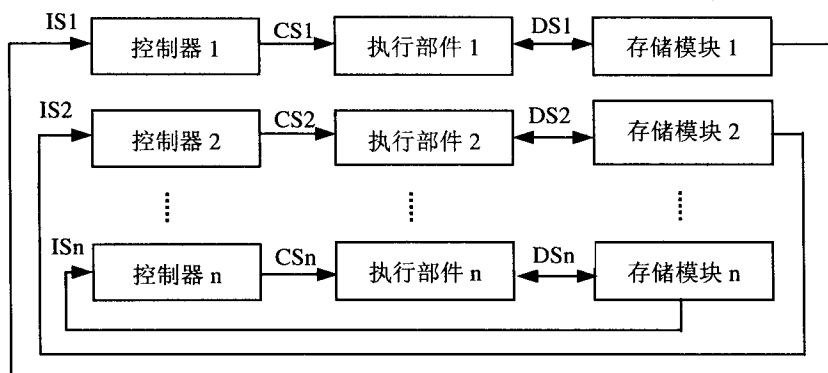


图 1.4 MIMD 计算机结构示意图

1.1.2 按计算机使用范围分类

1. 通用计算机

通用计算机是指为解决各种问题，具有较强的通用性而设计的计算机。该机适用于一般的科学计算、学术研究、工程设计和数据处理等广泛用途，这类机器本身有较大的适用面。

2. 专用计算机

专用计算机是指为适应某种特殊应用而设计的计算机，具有运行效率高、速度快、精度高等特点。一般用在过程控制中，如智能仪表、飞机的自动控制和导弹的导航系统等。

1.1.3 按计算机的规模和处理能力分类

1. 巨型计算机

巨型计算机是指运算速度快、存储容量大，每秒可达 1 亿次以上浮点运算速度，主存容量高达几百兆字节甚至几百万兆字节，字长可达 32 位的机器。这类机器价格相当昂贵，主要用于复杂、尖端的科学研究领域，特别是军事科学计算。由国防科技大学研制的“银河”和国家智能中心研制的“曙光”都属于这类机器。

2. 大/中型计算机

大/中型计算机是指通用性能好、外部设备负载能力强、处理速度快的一类机器。运算速度在 100 万次至几千万次/s，字长为 32~64 位，主存容量在几十兆字节至几百兆字节左右。它有完善的指令系统，丰富的外部设备和功能齐全的软件系统，并允许多个用户同时使用。这类机器主要用于科学计算、数据处理或做网络服务器。

3. 小型计算机

小型计算机具有规模较小、结构简单、成本较低、操作简单、易于维护和与外部设备连接容易等特点，是在 20 世纪 60 年代中期发展起来的一类计算机。当时的小型机字长一般为 16 位，存储容量在 32~64KB 之间。DEC 公司的 PDP 11/20 和 PDP 11/70 系列是这类机器的代表。当时

微型计算机还未出现，因而小型机得以广泛推广应用，许多工业生产自动化控制和事务处理都采用小型机。近期的小型机，像 IBM AS/400，其性能已大大提高，主要用于事务处理。

4. 微型计算机

微型计算机（简称微机）是以运算器和控制器为核心，加上由大规模集成电路制作的存储器、输入/输出接口和系统总线构成的体积小、结构紧凑、价格低且具有一定功能的计算机。如果把这种计算机制作在一块印刷线路板上，就称为单板机。如果在一块芯片中包含运算器、控制器、存储器和输入/输出接口，就称为单片机。以微机为核心，再配以相应的外部设备（例如，键盘、显示器、鼠标器、打印机）、电源、辅助电路和控制微机工作的软件就构成了一个完整的微型计算机系统。

5. 工作站

工作站是指为了某种特殊用途而将高性能的计算机系统、输入/输出设备与专用软件结合在一起的系统。它的独到之处是有大容量主存、大屏幕显示器，特别适合于计算机辅助工程。例如，图形工作站一般包括主机、数字化仪、扫描仪、鼠标器、图形显示器、绘图仪和图形处理软件等。它可以完成对各种图形与图像的输入、存储、处理和输出等操作。

6. 服务器

服务器是在网络环境下为多用户提供服务的共享设备，一般分为文件服务器、打印服务器、计算服务器和通信服务器等。该设备连接在网络上，网络用户在通信软件的支持下远程登录，共享各种服务。

目前，微型计算机与工作站、小型计算机乃至中、大型机之间的界限已经愈来愈模糊。无论按哪一种方法分类，各类计算机之间的主要区别是运算速度、存储容量及机器体积等。

计算机的分类可用图 1.5 来表示。

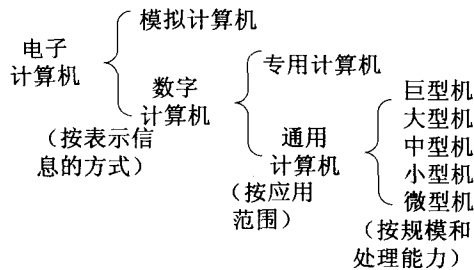


图1.5 计算机分类

1.2 计算机的系统组成

一个完整的计算机系统，应当包括两大部分，即硬件系统和软件系统。

其中硬件系统是指构成计算机的物理设备，即由机械、光、电、磁等器件构成的具有计算、控制、存储、输入和输出功能的实体部件。如 CPU、存储器、软盘驱动器、硬盘驱动器、光盘

驱动器、主机板、各种卡及整机中的主机、显示器、打印机、绘图仪、调制解调器等等，整机硬件也称“硬设备”。

软件系统则是指管理计算机软件系统和硬件系统资源、控制计算机运行的程序、命令、指令、数据等，软件系统就是程序系统，也称为“软设备”。

我们平时讲的“计算机”一词，都是指含有硬件和软件的计算机系统。

计算机是依靠硬件和软件的协同工作来执行一个具体任务。计算机硬件是软件的基础，任何软件都是建立在硬件基础上的，任何软件也离不开硬件的支持。可以说，硬件是计算机系统的物质基础，而软件又是硬件功能的扩充和完善。如果说硬件提供了使用工具，那么软件则为人们提供了使用的方法和手段，从而使人们不必了解机器本身就可以使用计算机。

可以说，如果没有软件的支持，硬件的功能就不能得到充分的发挥。因此，我们也经常说：软件是用户与计算机之间的桥梁，只有软硬结合，才能使计算机充分发挥它的功效。

计算机的系统组成可用图 1.6 来表示。

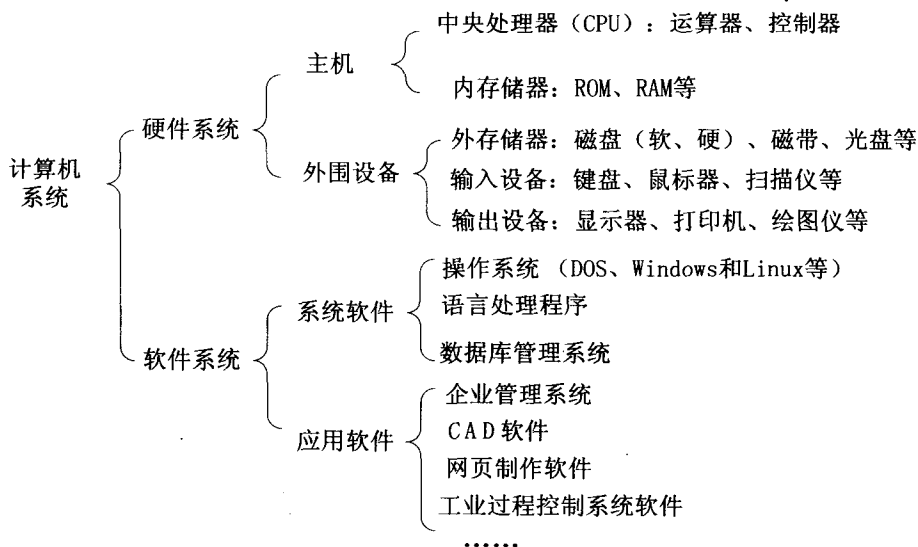


图1.6 计算机系统组成

自 Von Neumann 于 1946 年奠定当代数字计算机的体系结构至今，计算机的应用领域越来越扩大，对计算机的处理能力、处理范围和运算速度等都提出了更高的要求，使得 Von Neumann 的“存储程序控制”思想及由此而产生的程序顺序执行和单一控制器的集中控制模式在某些方面已被突破。例如，采用多个处理器形成流水处理，依靠时间上的重叠来提高处理效率；组成阵列结构，形成单指令流多数据流，以提高处理速度；采用上述的 MIMD 系统等等。尽管 1949 年至今，计算机发展了几十年，计算机的体系结构发生了许多变化，但 Von Neumann 提出的二进制、程序存储和程序控制，依然是普遍遵循的原则。因此，我们要通过研究计算机内部的实现过程来了解现代计算机工作原理就要从 Von Neumann 提出的概念入门。

1.2.1 计算机硬件系统

Von Neumann 的存储程序的计算机设计基本思想是，采用二进制表示数据和指令；采用存储程序即把编好的程序和原始数据预先存入计算机主存中，使计算机工作时能连续、自动、高速地从存储器中取出一条条指令并执行，从而自动完成预定的任务；计算机硬件系统由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备 5 大部件组成。

计算机硬件系统硬件五大部件在控制器的统一指挥下，实现计算机有条不紊地自动工作。计算机的硬件组成框图，如图 1.7 所示。

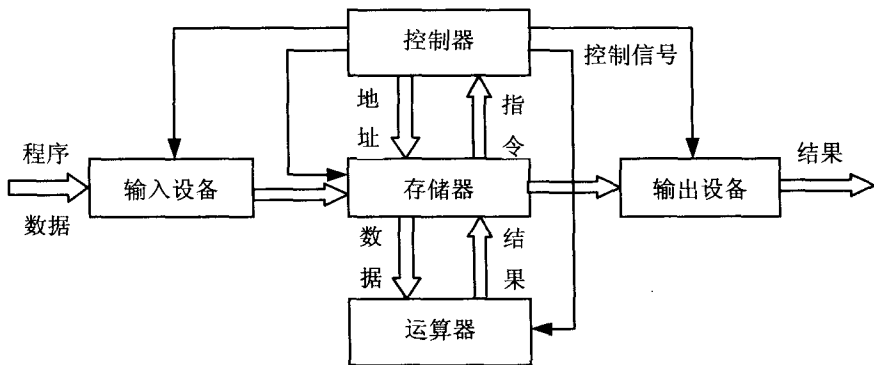


图 1.7 计算机硬件组成框图

1. 存储器

存储器是计算机存放指令和数据的部件。计算机可根据需要随时向存储器存取数据。向存储器存放数据，称为写入；从存储器取出数据，称为读出。存储器中有许多存储单元。每个单元可以存放一个字或字节的信息。为了使计算机能识别这些单元，每个存储单元有一个编号，称之为地址。这与旅馆中的房间（存储单元）和房号（存储地址）相似。存储器的工作方式就是按存储单元的地址来实现对存储字或字节的存（写入）和取（读出）的，通常称为按地址访问存储器。地址是识别存储器中不同存储单元的惟一标志。

2. 运算器（算术逻辑运算单元）

运算器在控制器控制下，完成加减乘除运算和逻辑运算。在运算过程中，运算器不断从存储器获取数据，并把所得的结果送回存储器。运算器的技术性能高低直接影响着计算机的运算速度和整机性能。

3. 控制器

控制器是计算机的控制指挥部件，也是整个计算机的控制中心，其重要功能是对当前指令进行译码分析其所需要完成的操作，产生各部件所需要的控制信号，通过向计算机的各个部件发出控制信号，使整个计算机自动、协调地工作。如控制存储器和运算器之间进行信息交换，控制运算器进行运算，控制输入输出设备的正常工作。

4. 输入设备

输入设备是给计算机输入信息的设备。外界的信息通过输入设备转换为计算机能识别的二进制代码。

5. 输出设备

输出设备是将计算机处理结果转换成人们或其他设备所能接收的形式。

在微型机中通常把运算器与控制器合起来制造为一块芯片，称为中央处理器（Central Processing Unit），简称为 CPU。运算器、控制器以及主存储器是计算机的主要组成部分，称为主机。输入设备、输出设备统称为计算机的外部设备。

1.2.2 计算机软件系统

计算机软件系统一般分为两大类：一类叫系统软件，另一类叫应用软件。

1. 系统软件

系统软件是指管理、调度、监视和维护计算机系统资源的程序集合，这些系统资源包括硬件资源与软件资源，使系统资源得到合理调度，确保高效率运行。常用的系统软件有：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，其核心是操作系统。

系统软件是计算机正常运行不可缺少的，一般由计算机生产厂家研制，或软件开发人员研制。其中一些系统软件程序，在计算机出厂时直接写入 ROM 芯片，例如，系统引导程序、基本输入输出系统(BIOS)、诊断程序等。有些直接安装在计算机的硬盘中，如操作系统。也有一些保存在活动介质上供用户购买，如语言处理程序。

(1) 操作系统。

操作系统（Operating System）的作用是，协调管理计算机系统的各种软、硬件资源，使其被有效使用；组织协调计算机的运行，实现计算机运行自动化；为计算机系统和用户之间提供接口，为用户提供方便。操作系统是直接运行在裸机上的最基本的系统软件，是系统软件的核心，任何其他软件必须在操作系统的支持下才能运行。

(2) 语言处理程序。

程序是计算机语言的具体体现，是用某种计算机程序设计语言按问题的要求编写而成的。随着计算机语言的进化，程序也越来越趋近于人而脱离机器。对于用高级语言编写的程序，计算机是不能直接识别和执行的。要执行高级语言编写的程序，首先要将高级语言编写的程序通过语言处理程序翻译成计算机能识别和执行的二进制机器指令，然后供计算机执行。

语言处理程序有两种：一种称为编译程序，另一种称为解释程序。编译程序是将用户编写的高级语言程序（源程序）的全部语句翻译成机器语言程序，然后再执行机器语言程序。而解释程序是将源程序的一条语句翻译成机器语言程序，并立即执行，接着再翻译源程序的下一条语句并执行，如此重复直至完成源程序的全部翻译任务。它的特点是翻译一次执行一次。

(3) 数据库管理系统。

随着计算机在信息处理、办公自动化、企事业各种管理系统及情报检索等应用中的发展，要求处理大量数据，建立和检索大量信息表格，并按一定规律组织起来使用户方便使用，于是

出现了数据库。数据库和数据库管理软件组成了数据库管理系统。

数据库管理系统的作用就是管理数据库，具有建立、编辑、维护、访问数据库的功能，并提供数据独立、完整、安全的保障。按数据模型的不同，数据库管理系统可分为层次型、网状型和关系型等3种类型。如 FoxPro、Oracle、Access 都是典型的关系型数据库管理系统。

(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程序。它包含很广泛的内容，如程序的输入编辑工具、调试工具、诊断程序、提示系统、窗口软件以及一些可供调用的通用性应用软件，如文字处理软件、表格处理软件、图形处理软件等等。随着操作系统的发展，这些服务性程序也通常作为操作系统的可调用程序，根据用户需要来选择和扩充。

(5) 网络管理软件。

网络管理软件主要是指网络通讯协议及网络操作系统。其主要功能是支持终端与计算机、计算机与计算机以及计算机与网络之间的通讯，提供各种网络管理服务，实现资源共享和分布式处理，并保障计算机网络的畅通无阻和安全使用。

2. 应用软件

应用软件又称为应用程序，它是用户在各自不同的应用领域根据具体的任务需要所开发编制的各种程序。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、科学计算程序等等。随着计算机的广泛应用，这类程序会越来越多。

1.3 计算机系统层次结构

计算机是一个很复杂的软硬件系统。从计算机操作人员、程序设计人员和硬件工程师的不同角度，所看到的计算机系统具有完全不同的属性。为了更好地了解这些属性之间的关系，以便全面了解计算机系统的整体结构，了解软件和硬件之间的界面、使用者和设计者之间的界面以及各层次计算机语言之间的界面，将计算机划分为几个层次结构来分析和学习，并且从各个层次及其关系了解计算机系统设计的过程。图 1.8 是计算机层次结构的大致划分。

第一层是微程序设计级。这是计算机的最底层硬件层，它有两种设计方式，一种是微程序设计方式，另一种是硬布线设计方式。微程序设计方式是控制器内部用微指令解释执行机器指令的方式来产生一条机器指令所需的微操作命令，并发给计算机各部件作为控制信号，来完成一条机器指令的执行。其控制器内部需要有存放每一条机器指令的微程序的控制存储器和微指令寄存器等。而硬布线设计方式的控制器是全部采用硬件时序逻辑电路来对机器指令进行译码并产生该机器指令执行时计算机各部件所需的控制信号。

因此，这一级的设计也就是对计算机硬件电路的设计，微程序的设计要在计算机硬件基础上，根据机器指令系统来设计微指令。对于控制器中存放微程序的控制存储器，除硬件和微程序设计人员外，一般人们不知道它的存在。

第二层是机器指令系统级。它所提供的是那些计算机硬件可以读懂的，并可以直接操纵计算机硬件工作的二进制信息。它是计算机软硬件的分界面，在它以上是各层次的汇编语言软件