



新编高等院校计算机科学与技术应用型规划教材

Computer

计算机组成原理 与系统结构

甘 岚 刘美香 陈自刚 主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

TP303/162

2008

新编高等院校计算机科学与技术应用型规划教材

计算机组成原理与系统结构

甘 岚 刘美香 陈自刚 主编

北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

全书共分为8章,第1章介绍计算机的基础知识及计算机组成原理和计算机系统结构的概念,第2章介绍运算器和运算方法,第3章介绍基本的三层存储系统以及主存储器和辅助存储器的读写原理,第4、5章以控制器为目标介绍该部分的基础知识——指令系统和控制器的功能、组成和设计,第6章介绍总线,第7章介绍I/O设备和I/O系统,第8章介绍标量处理机、向量处理机的系统结构、并行处理机和多处理机的系统结构以及计算机互连网络、网格和集群。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理与系统结构/甘岚,刘美香,陈自刚主编. —北京:北京邮电大学出版社,2008.2
ISBN 978-7-5635-1617-9

I. 计… II. ①甘…②刘…③陈… III. 计算机系统结构 IV. TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第004708号

书 名: 计算机组成原理与系统结构

主 编: 甘 岚 刘美香 陈自刚

责任编辑: 彭 楠

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 23.25

字 数: 560千字

版 次: 2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-1617-9

定 价: 33.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

新编高等院校计算机科学与技术应用型规划教材

编委会

主任：金怡濂

副主任：(排名不分先后)

王命延 李秉智 俞俊甫 莫德举

委员：(排名不分先后)

付瑜 许学东 张雪英 马朝圣

邹永贵 谢建群 夏素霞 黄建华

序

计算机科学技术是科学性与工程性并重的一门学科。它的迅猛发展除了源于微电子学等相关学科的发展外,更主要源于其应用需求的广泛性不断增长,它已渗透到人类社会的各个领域,成为经济发展的倍增器,科学文化与社会进步的催化剂。计算机与通信的融合和全球联网,更显示出它无可限量的发展前景。任何一个领域的发展都离不开计算机已成为无可否认的事实。应用是计算机科学技术发展的动力、源泉和归宿,而计算机科学技术又不断为应用提供先进的方法、设备与环境。

近年来,计算机科学技术的发展不仅极大地促进了整个科学技术的发展,而且明显地推进了经济信息化和社会信息化的进程。计算机科学技术对一个国家在政治、经济、科技、文化、国防等方面的催化作用和强化作用都具有难以估量的意义。计算机知识与能力已成为21世纪人才素质的基本要求之一,因此,计算机科学技术的教育在世界各国都备受重视,我国政府和教育部门对计算机科学技术的教育及人才培养也非常重视。为了适应社会发展对计算机科学技术人才的强烈要求,各高校均在着力培养基础扎实、知识面广、综合素质高、实践能力强、富有创新精神,且具有较强的科学技术运用、推广、转化能力的高层次人才。

由北京邮电大学出版社联合北京邮电大学、武汉大学、华中理工大学及山东、江苏等多所高校的计算机专业教学负责人组成的“21世纪高等院校计算机科学与技术系列教材编委会”按照《中国计算机科学与技术学科教程2002》的要求组织编写的系列教材,体现了近年计算机学科的新理论、新技术。内容涵盖计算机专业学生所应掌握的相关知识,并根据目前计算机科学技术的发展趋势与实际应用相结合,能够满足目前高校计算机专业教学的需要,也可做为计算机专业人员的自学参考材料。

本系列教材作者均为多年从事教学、科研的一线教师,有着丰富的教学和科研实践经验,所编写的这套教材具有结构严谨,内容丰富、理论与实际结合紧密的特点,是他们的教学经验和科研成果的结晶。

计算机科学技术日新月异,所以教材也要不断推陈出新,我希望本系列教材能为我国高校计算机专业教育做出新的贡献。

中国工程院院士

金怡廉

前 言

《计算机组成原理与系统结构》是高校计算机类专业学生必修的专业基础课程,也是很多高校研究生考试的必考科目。

全书共 8 章,主要介绍冯·诺依曼计算机的基本组成原理和系统结构。第 1 章介绍计算机的基础知识及计算机组成原理和计算机系统结构的概念,第 2 章介绍运算器和运算方法,第 3 章介绍基本的三层存储系统以及常用存储器的读写原理,第 4、5 章以控制器为目标介绍该部分的基础知识——指令系统和控制器的功能、组成和设计,第 6 章介绍 I/O 设备和 I/O 系统,第 7 章介绍标量处理机和向量处理机的系统结构,第 8 章介绍并行处理机和多处理机的系统结构以及计算机互连网络。

本书原理讲解详细,例题丰富,不仅可以做为《计算机组成原理》课程的教材,也可以做为《计算机组成原理与系统结构》课程的教材,参考学时为 48~72 学时。同时也适合做为计算机等级考试及软件水平考试的参考用书。

本书由甘岚、刘美香、陈自刚、赵海霞、宋凯和曾辉共同编写。全书由甘岚老师负责统稿,安排全书的内容顺序,并修改定稿。

本书的编写得到了华东交通大学信息工程学院领导和其他老师的悉心帮助和指导,也得到了南阳理工学院等同仁的大力支持。他们做了大量工作,如参加制订本书的大纲等,在此一并表示感谢!

由于时间仓促和编者水平所限,本书中难免会存在错误和不足之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论

| | | |
|-------|---------------|----|
| 1.1 | 计算机的发展简史 | 1 |
| 1.1.1 | 电子数字计算机的发展简史 | 1 |
| 1.1.2 | 冯·诺依曼计算机 | 2 |
| 1.1.3 | 计算机的分类 | 3 |
| 1.2 | 计算机的硬件组成 | 4 |
| 1.3 | 计算机系统 | 5 |
| 1.3.1 | 计算机系统的组成 | 5 |
| 1.3.2 | 计算机系统的多层结构 | 5 |
| 1.3.3 | 计算机系统的性能评价 | 6 |
| 1.4 | 计算机系统结构、组成和实现 | 9 |
| 1.4.1 | 计算机系统结构 | 10 |
| 1.4.2 | 计算机组成 | 11 |
| 1.4.3 | 计算机实现 | 12 |
| 1.4.4 | 三者之间的关系 | 13 |
| 1.5 | 计算机的应用与发展 | 14 |
| 1.5.1 | 计算机的应用 | 14 |
| 1.5.2 | 计算机的发展趋势 | 15 |
| | 习题 1 | 16 |

第 2 章 运算方法及运算器

| | | |
|-------|---------------|----|
| 2.1 | 数据的表示方法 | 17 |
| 2.1.1 | 数值型数据的表示方法 | 18 |
| 2.1.2 | 字符数据的表示方法 | 24 |
| 2.2 | 二进制数据的编码及加减运算 | 27 |
| 2.2.1 | 4 种编码及其加减运算 | 27 |
| 2.2.2 | 加减运算的溢出判断 | 32 |



| | |
|------------------------|----|
| 2.3 定点二进制乘法运算 | 34 |
| 2.3.1 原码一位乘法 | 34 |
| 2.3.2 补码一位乘法 | 36 |
| 2.3.3 原码两位乘法 | 39 |
| 2.3.4 阵列乘法 | 41 |
| 2.4 定点除法运算 | 41 |
| 2.4.1 定点原码除法 | 41 |
| 2.4.2 定点补码除法 | 44 |
| 2.5 浮点运算 | 46 |
| 2.5.1 浮点加减运算 | 46 |
| 2.5.2 浮点乘除运算 | 48 |
| 2.6 运算器的基本部件 | 49 |
| 2.6.1 加法器 | 49 |
| 2.6.2 算术逻辑单元(ALU) | 53 |
| 2.6.3 运算部件 | 54 |
| 2.6.4 运算器实例 | 55 |
| 2.7 数据校验码 | 56 |
| 2.7.1 奇偶校验码 | 57 |
| 2.7.2 海明校验码 | 57 |
| 2.7.3 循环冗余校验码 | 59 |
| 习题 2 | 62 |
| 第 3 章 存储系统 | |
| 3.1 存储系统概述 | 66 |
| 3.1.1 存储器分类 | 66 |
| 3.1.2 存储系统及设计目标 | 67 |
| 3.2 主存储器 | 68 |
| 3.2.1 主存储器概述 | 68 |
| 3.2.2 ROM | 70 |
| 3.2.3 RAM | 72 |
| 3.2.4 半导体存储器的容量扩展 | 76 |
| 3.2.5 主存储器的并行读写技术 | 78 |
| 3.3 高速缓冲存储器(cache) | 82 |
| 3.3.1 高速缓冲存储器的基本工作原理 | 82 |
| 3.3.2 地址映像及变换方法 | 84 |
| 3.3.3 高速缓冲存储器的替换算法与命中率 | 89 |
| 3.3.4 多层次高速缓冲存储器 | 92 |

| | | |
|-------------------|-------------|-----|
| 3.4 | 辅助存储器 | 93 |
| 3.4.1 | 辅助存储器概述 | 93 |
| 3.4.2 | 磁盘及磁盘阵列 | 94 |
| 3.4.3 | 光盘 | 107 |
| 3.5 | 虚拟存储器 | 109 |
| 3.5.1 | 段式存储器 | 110 |
| 3.5.2 | 页式存储器 | 111 |
| 3.5.3 | 段页式存储器 | 113 |
| 3.6 | 相联存储器 | 116 |
| 3.7 | 存储保护 | 117 |
| | 习题 3 | 119 |
| 第 4 章 指令系统 | | |
| 4.1 | 指令和指令系统概述 | 123 |
| 4.2 | 寻址方式 | 125 |
| 4.2.1 | 常用的寻址方式 | 126 |
| 4.2.2 | 寻址方式举例 | 131 |
| 4.3 | 指令格式的设计及优化 | 132 |
| 4.3.1 | 指令操作码的设计及优化 | 133 |
| 4.3.2 | 指令地址码的设计及优化 | 134 |
| 4.4 | 指令类型 | 134 |
| 4.4.1 | 运算类指令 | 135 |
| 4.4.2 | 数据传送指令 | 135 |
| 4.4.3 | 移位操作指令 | 135 |
| 4.4.4 | 堆栈指令 | 137 |
| 4.4.5 | 程序控制指令 | 137 |
| 4.4.6 | 输入/输出指令 | 139 |
| 4.4.7 | 字符串处理指令 | 139 |
| 4.4.8 | 其他指令 | 139 |
| 4.5 | RSIC 和 CISC | 140 |
| 4.5.1 | CISC | 140 |
| 4.5.2 | RISC | 142 |
| | 习题 4 | 143 |
| 第 5 章 控制器 | | |
| 5.1 | 控制器概述 | 146 |
| 5.1.1 | 控制器的功能 | 146 |



| | | |
|-------|----------------|-----|
| 5.1.2 | 控制器的组成 | 147 |
| 5.1.3 | 指令的执行过程 | 149 |
| 5.2 | 时序 | 152 |
| 5.2.1 | 时序概述 | 152 |
| 5.2.2 | 时序信号产生器 | 153 |
| 5.2.3 | 控制器的控制方式 | 156 |
| 5.3 | 微程序控制 | 157 |
| 5.3.1 | 微程序概述 | 157 |
| 5.3.2 | 微程序控制器的基本原理 | 158 |
| 5.3.3 | 微程序的设计 | 164 |
| 5.4 | 硬布线控制 | 169 |
| 5.4.1 | 硬布线控制器的组成和基本原理 | 169 |
| 5.4.2 | 硬布线控制和微程序控制的比较 | 174 |
| 5.5 | 流水线 | 174 |
| 5.5.1 | 重叠执行和相关处理 | 174 |
| 5.5.2 | 流水线工作原理 | 177 |
| 5.5.3 | 流水线的特点 | 182 |
| 5.5.4 | 流水线的分类 | 183 |
| 5.6 | CPU 实例 | 184 |
| 5.6.1 | 80386 CPU | 184 |
| 5.6.2 | Pentium CPU | 187 |
| 5.6.3 | RISC CPU | 188 |
| | 习题 5 | 193 |

第 6 章 总线

| | | |
|-------|-----------|-----|
| 6.1 | 总线的基本概念 | 197 |
| 6.2 | 总线的分类 | 198 |
| 6.2.1 | 系统总线 | 199 |
| 6.2.2 | 通信总线 | 200 |
| 6.3 | 总线特性及性能指标 | 200 |
| 6.3.1 | 总线特性 | 200 |
| 6.3.2 | 总线性能指标 | 201 |
| 6.3.3 | 总线标准 | 202 |
| 6.3.4 | 总线的主要性能指标 | 203 |
| 6.4 | 总线结构的连接方式 | 204 |
| 6.4.1 | 单总线结构 | 204 |
| 6.4.2 | 双总线结构 | 204 |



| | |
|--------------------------------|-----|
| 6.4.3 三总线结构 | 205 |
| 6.5 总线仲裁 | 206 |
| 6.5.1 总线判优控制 | 206 |
| 6.5.2 总线通信控制 | 208 |
| 6.6 计算机中的总线 | 210 |
| 6.6.1 系统总线 | 211 |
| 6.6.2 外部总线 | 218 |
| 6.6.3 内部总线 | 222 |
| 6.6.4 总线未来发展 | 224 |
| 习题 6 | 225 |
| 第 7 章 输入输出系统 | |
| 7.1 输入输出系统概述 | 229 |
| 7.1.1 I/O 接口电路 | 229 |
| 7.1.2 I/O 接口的结构与功能 | 229 |
| 7.1.3 I/O 端口的寻址 | 231 |
| 7.2 输入/输出信息传送控制方式 | 232 |
| 7.2.1 查询方式 | 233 |
| 7.2.2 程序中断方式 | 234 |
| 7.2.3 DMA 方式 | 236 |
| 7.2.4 通道和外围处理机方式 | 237 |
| 7.3 程序中断方式 | 240 |
| 7.3.1 中断的基本概念 | 240 |
| 7.3.2 中断控制器 8259A | 245 |
| 7.4 DMA 方式 | 248 |
| 7.4.1 DMA 控制器 8237 的内部结构 | 249 |
| 7.4.2 DMA 控制器 8237 | 250 |
| 7.4.3 8237A 的内部寄存器 | 252 |
| 7.4.4 软盘接口逻辑电路举例 | 255 |
| 7.5 I/O 设备 | 255 |
| 7.5.1 概述 | 256 |
| 7.5.2 显示器的基本原理 | 257 |
| 7.5.3 打印机的基本原理 | 267 |
| 7.5.4 键盘及鼠标的基本原理 | 273 |
| 7.5.5 其他外部设备 | 276 |
| 习题 7 | 277 |



第 8 章 计算机系统结构

| | |
|-----------------------------|-----|
| 8.1 超标量处理机和超流水线处理机 | 280 |
| 8.1.1 超标量处理机 | 280 |
| 8.1.2 超流水线处理机 | 282 |
| 8.1.3 超标量超流水线处理机 | 282 |
| 8.2 向量处理机 | 283 |
| 8.2.1 什么是向量处理 | 283 |
| 8.2.2 向量处理方式 | 284 |
| 8.2.3 向量处理机的结构 | 285 |
| 8.2.4 提高向量处理机性能的方法 | 294 |
| 8.2.5 向量处理机的性能评价 | 301 |
| 8.3 并行处理机 | 304 |
| 8.3.1 并行处理机的基本结构 | 305 |
| 8.3.2 并行处理机的特点 | 306 |
| 8.4 多处理机 | 308 |
| 8.4.1 多处理机结构 | 308 |
| 8.4.2 多处理机系统的特点 | 310 |
| 8.4.3 多处理机性能模型简介 | 311 |
| 8.4.4 多处理机的 cache 一致性 | 312 |
| 8.5 互连网络 | 317 |
| 8.5.1 互连网络的种类 | 317 |
| 8.5.2 互连网络的作用 | 328 |
| 8.5.3 互连网络的特性和传输的性能参数 | 329 |
| 8.6 计算机系统结构新发展 | 332 |
| 8.6.1 冯·诺依曼机系统结构的演变 | 332 |
| 8.6.2 集群计算机系统结构 | 333 |
| 8.6.3 网络技术 | 336 |
| 习题 8 | 338 |
| 习题答案 | 340 |
| 参考文献 | 357 |

第1章 绪论

本章主要介绍计算机组成和计算机系统结构的基本概念以及各自研究的内容,使得读者对计算机组成与系统结构首先有一个整体概念。

1.1 计算机的发展简史

计算机是人类智慧的结晶,迄今为止,计算机的发展经历了380多年。计算机大致可分为两大类:机械计算机和电子计算机。

1623年,德国科学家契克卡德(W·Schickard)制造了人类有史以来第一台机械计算机,这台机器能够进行六位数的加减乘除运算。1642年,法国科学家帕斯卡(B·Pascal)发明了著名的帕斯卡机械计算机,首次确立了计算机器的概念。

电子计算机是指不需要人工直接干预,能够自动、高速、准确地对各种信息进行高速处理以及存储的电子设备。电子计算机分为两类:电子模拟计算机和电子数字计算机。电子模拟计算机中处理的信息是连续变化的物理量,运算过程是连续的;电子数字计算机中处理的信息是在时间上离散的数字量,运算过程是不连续的,如在电子数字计算机中往往用输出信号电平的高低或脉冲的有无来表示数值“1”或“0”,这样就可以用一串在时间上彼此离散的量来表示一个数。

1.1.1 电子数字计算机的发展简史

1946年,第一台电子数字计算机ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer)在美国陆军部的资助下,由美国宾夕法尼亚大学研制出来。ENIAC共用18000多个电子管,6000多个继电器,占地面积170m²,重约30t,每秒钟能计算5000次加法。尽管从今天的角度看ENIAC的性能并不高,但是在计算机的发展史上它却是一个重要的里程碑,奠定了电子数字计算机的基础。

从第一台电子数字计算机诞生至今的50多年里,计算机科学技术一直在飞速发展,其速度是人类科技史上任何其他学科所无法比拟的。根据组成计算机的电子器件,一般把电子数字计算机分为4个阶段,习惯上称为四代。

(1) 第一代:电子管计算机(1946—1955年)

将电子管和继电器用绝缘导线互连在一起构成计算机,这一时期的计算机主要为军事和国防尖端技术的需要而研制,并进行有关的研究工作,其研究成果又扩展到民用,形成了计算机工业。代表性的计算机有ENIAC、美国IBM的650小型机和701计算机。

(2) 第二代:晶体管计算机(1955—1965年)

采用晶体管和印制电路构成计算机,缩小了体积,降低了功耗,价格也降低了。后来又采用了铁氧体的磁芯存储器。这一时期的计算机速度得到了很大提高,不仅扩大了计算机



在军事和国防尖端技术上的应用范围,而且在气象、工程设计、数据处理等其他科学研究领域内也开始应用。代表性的计算机有美国控制数据公司的 CDC1604、IBM 的 7030 等。

(3) 第三代:中小规模集成电路计算机(1965—1974 年)

采用中小规模集成电路和多层印制电路,所以体积、功耗、价格进一步下降,速度也相应地提高了。代表性的计算机有 IBM360、IBM370、CDC6600/7600、Texas 仪表公司的 ASC、Digital Equipment 公司的 PDP-8 等。

(4) 第四代:大规模或超大规模电路计算机(1974 年至今)

采用大规模或超大规模电路和半导体存储器构成计算机。20 世纪 70 年代初,半导体存储器问世,迅速取代了磁芯存储器在计算机中的地位,并不断地向大容量、高速度的方向发展,此后,存储器芯片集成度大致每三年翻两番,这就是著名的摩尔定律。从 1971 年内含 2 300 个晶体管的 Intel4004 芯片问世,到 1999 年包含 750 万个晶体管的 Pentium II 处理器,都证明了摩尔定律的正确性。后来转述为微处理器的工作速度,在一定成本下,大致也是每三年翻两番。因为芯片性能呈指数增长已放缓,所以摩尔定律已渐渐不再适用。本时期代表性的计算机有 VAX9000、CrayX-MP、IBM/3090VF 等。

1.1.2 冯·诺依曼计算机

要知道什么是冯·诺依曼(John Von Neumann)计算机,还得从世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 谈起,ENIAC 是十进制机器而不是二进制机器。ENIAC 有两个主要的缺点:一是存储容量太小,二是必须通过手工设置分布于各处的 6 000 个开关和连接插头及插座来编程。这显然是一件烦琐的工作,准备时间远远超过实际的计算时间。

ENIAC 研制的同时,美籍匈牙利数学家冯·诺依曼与莫尔小组开始合作研制 EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)计算机,为了克服 ENIAC 上述的两个缺点,冯·诺依曼提出了存储程序的方案,并开始了 EDVAC 的研制。EDVAC 于 1951 年问世,而英国剑桥大学吸收了冯·诺依曼的设计思想,于 1949 年研制出了 EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator)计算机。因为是冯·诺依曼首次提出了存储程序的方案,所以这种计算机被称为冯·诺依曼计算机。

存储程序概念是冯·诺依曼等人于 1946 年 6 月在一篇题为《电子计算机装置逻辑结构初探》的报告中首次提出来的,该报告的内容概括为以下 3 个基本特点。

(1) 计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 大部分组成。

(2) 计算机内部以二进制代码表示指令和数据。

(3) 采用存储程序的方式。

将事先编好的程序(包括数据)存入到同一个存储器,然后再启动计算机工作,计算机自动、连续地从存储器中取出指令并运行,这个过程不需要人工干预。

冯·诺依曼计算机的这种工作方式,称为指令流驱动方式,始终以指令流为驱动工作的因素,而数据流则是被动地被调用处理。那么计算机是如何控制指令流的呢? 设置一个程序计数器(PC, Program Counter),可让它存放当前正在执行的指令所在存储器的地址。程序顺序执行时,每取出一条指令后,PC 的内容就自动增加一个常量,指向下一条要执行的指令的地址;程序转移执行时,则把转移后的指令地址送到 PC 中。

60 年来,计算机科学领域里发生了很大的变化,随着技术的发展,对冯·诺依曼计算机



进行了很多改革,比如程序和数据分开放在不同的存储器中,机器以存储器为中心,不再以运算器为中心;计算机的驱动方式多样化,出现了数据驱动的数据流计算机、需求驱动的归约计算机和模式匹配驱动的智能计算机等。但是,目前绝大多数计算机仍然建立在存储程序概念的基础上,我们把符合存储程序概念的计算机统称为冯·诺依曼计算机。

1.1.3 计算机的分类

计算机的规模由计算机的一些主要技术指标来衡量,如运算速度、存储容量、输入和输出能力等。计算机按照其规模可分为大型机、巨型机、小型机、微机和工作站等。

1. 大型机

大型机最初是指装在非常大的、带框的铁盒子里的大型计算机系统,以用来同小一些的机器有所区别。在欧美,大型机自20世纪60年代起就开始肩负起银行、保险、证券、电信、通讯等行业的数据与信息处理工作。比较具有代表性的大型机有当时的IBM360、70年代和80年代的IBM370、90年代的IBMS/390等。

大型机的运算速度非常快,具有高可靠性、高稳定性、安全性和强大的数据处理能力。

2. 巨型机

尽管大型机的运算速度很快,但是国防、气象等领域需要有运算速度更快的计算机来处理数据,所以出现了巨型机。通常把最快、最大、最昂贵的计算机称为巨型机(超级计算机)。目前,巨型机主要用于国防、战略武器(如核武器和反导弹武器)的设计、空间技术、石油勘探和长期天气预报等领域。

世界上只有少数几个国家能生产巨型机,著名的巨型机如美国的克雷系列(Cray-1, Cray-2, Cray-3, Cray-4等),我国自行研制的银河-I(每秒运算1亿次以上)、银河-II(每秒运算10亿次以上)和银河-III(每秒运算100亿次以上)也都是巨型机。

3. 小型机

小型机是指运行原理类似于PC机和服务器,但性能及用途又与它们截然不同的一种高性能计算机。小型机一般用于工业自动化控制、信号处理、医疗设备的数据采集、企业管理等方面。

比较有名的小型机有美国DEC公司生产的VAX系列机、PDP-11,惠普的HP1000、HP 9000,国产的浪潮、曙光等。

4. 微机

微型计算机简称微机,是目前发展最快、应用最广泛的一种计算机。1971年11月美国Intel公司推出了世界上第一台微机MCS-4,中央处理器采用Intel4004。1981年,IBM推出了IBM PC机,IBM的PC机很快成为微机市场的主流产品。

微机的发展趋势是小型化,出现了笔记本和掌上计算机。

5. 工作站

工作站是个人使用的台式计算机系统,是一种具有高速数据处理能力、高性能的图形处理系统。它具有良好的人机界面和通用的操作系统(Window NT、UNIX等),标准的网络互接口和标准的输入/输出接口。

工作站系统的构成主要包括中央处理器CPU、主存储器、总线系统、图形子系统、网络接口、输入/输出子系统、大容量外设、操作系统和应用软件等。



1.2 计算机的硬件组成

一台计算机的基本组成部件有 5 个:运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。目前,运算器和控制器已经被集成到一个小芯片上,称为中央处理器,简称 CPU(Central Processing Unit)。

1. 运算器

运算器是对数据或信息进行处理和运算的部件。经常进行的运算有算术运算和逻辑运算,算术运算包括加、减、乘、除等,逻辑运算包括与、或、非等,这些运算是由算术逻辑部件(ALU, Arithmetic and Logical Unit)来完成。

运算器中还有很多个通用寄存器,用来临时存放操作数,运算结束后用来存放运算结果。

2. 控制器

控制器的主要功能是实现计算机本身运行过程的自动化,控制整个计算机的各部件进行有条不紊的工作。

控制器从主存中一条一条地把指令取出来,然后加以分析,向各部件发出相应的控制信号以执行指令所规定的操作。计算机中各部件之间往来的信号有 3 种:地址信号、数据信号和控制信号。

控制器中还有一些专用的寄存器,如程序计数器、地址寄存器等。

3. 存储器

存储器的功能是用来存放程序和数据。按照在计算机中地位的不同,存储器可分为高速缓冲存储器、主存储器和辅助存储器,它们组成一个三层的存储系统,如图 1.1 所示。

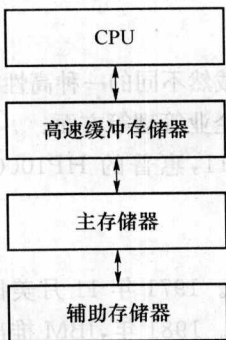


图 1.1 三层存储系统

4. 输入设备

输入设备的功能是把编好的程序以及数据送到计算机中,并将它们转换成计算机内部所能识别和接受的编码,如 ASCII 等。

常用的输入设备有键盘、鼠标等。

5. 输出设备

输出设备的功能是输出计算机的处理结果,输出形式有数字、文字、字母、图形、图像等。

常用的输出设备有显示器、打印机等。

上述 5 个部分就组成了一台计算机,如图 1.2 所示。

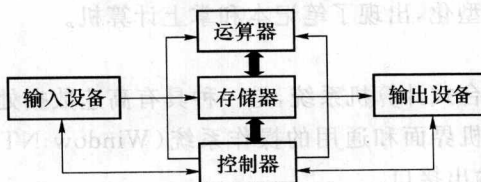


图 1.2 计算机的硬件组成



1.3 计算机系统

1.3.1 计算机系统的组成

一台完整的计算机系统由硬件和软件组成。硬件是计算机系统的基础,而软件则如同计算机系统的灵魂,两者缺一不可,相辅相成。目前,硬件和软件相互渗透、相互融合,使得硬件和软件的分界线越来越模糊,在硬件和软件之间出现了固件。

计算机系统采用何种实现方式,要从效率、速度、价格、资源状况、可靠性等多方面因素全盘考虑,对软件、硬件及固件的取舍进行综合平衡。软件和硬件在逻辑功能上是等效的,同一逻辑功能既可以用软件也可以用硬件或固件实现。从原理上讲,软件实现的功能完全可以用硬件或固件完成,同样,硬件实现的逻辑功能也可以由软件模拟来完成,只是性能、价格以及实现的难易程度不同而已。例如,在计算机中实现十进制乘法这一功能,既可以用硬件来实现,也可以用软件来完成。用硬件实现,需要设计十进制乘法机器指令,其特点是完成这一功能的速度快,但需要更多的器件。而用软件来实现这个功能,则要采用加法、移位等指令通过编程来实现,其特点是实现的速度慢,但不需增加器件。软、硬件的功能分配比例可以在很宽的范围内变化,这种变化是动态的。

软、硬件功能分配的比例随不同时期以及同一时期的不同机器的变化而变化。由于软、硬件是紧密相关的,软、硬界面常常是模糊不清的,因此在计算机系统的功能实现上,有时候很难分清哪些功能是由硬件完成的,哪些功能是由软件完成的。在满足应用的前提下,软、硬功能分配比例的确定,主要是看能否充分利用硬件、器件技术的现状和进展,使计算机系统达到较高的性能价格比。对于计算机系统的用户,还要考虑其所直接面对的应用语言所对应的机器级的发展状况。

从目前软、硬件技术的发展速度及实现成本上看,随着器件技术的高速发展,特别是半导体集成技术的高速发展,以前由软件来实现的功能越来越多地由硬件来实现。总的来说,软件硬化是目前计算机系统发展的主要趋势。

1.3.2 计算机系统的多层结构

现代计算机是通过执行指令来解决问题的,它由软件和硬件两大部分组成。描述一个任务如何实现的指令序列称为程序,所有程序在执行前都必须转换成计算机能识别且能直接执行的机器指令。这些机器指令与机器硬件直接对应,并能被其直接识别和执行,然而使用机器语言编程既不方便,也无法适应解题需要和计算机应用范围的扩大。这个问题可从两方面去解决,前提都是要设计一个比机器指令更便于使用或编程的指令集合,由它构成新的语言,例如汇编语言。

汇编语言是一种符号语言,给程序员编程提供了方便,但尽管每个语句仍基本上与机器指令对应,却并不能被机器直接识别和执行。用汇编语言开发的程序需要两种转换才能在实际机器上执行:一种是翻译(Translation),即在执行汇编语言源程序之前生成一个等价的机器语言指令序列来替换它,生成的程序全部由机器指令组成,计算机执行等效的机器语言