

计算机组成原理

(修订版)

马 桂 祥 主 编

朱 怀 芳 主 审

西南交通大学出版社

· 成都 ·

内 容 简 介

本书由浅入深，理论联系实际，系统讲述冯·诺依曼单机体系的基本概念和组成，并对各部件的特性、动态信息交换特点作详尽剖析，以便读者建立整机概念。最后介绍多机系统的组成及其发展动向。

全书分九章：计算机系统概论；算术逻辑运算及实现；指令系统；程序控制及实现方法；存储系统；输入输出设备；输入输出系统；微处理器；精简指令系统 RISC 和神经网络等新一代计算机组成。

本书可做有关专业大学本、专科教材和各种成人教育培训班教材，也可供工程技术人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理/马桂祥主编.—2 版.—成都：西南交通大学出版社，2000.8
ISBN 7-81022-657-6

I. 计... II. 马... III. 电子计算机-构造
IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 39546 号

计 算 机 组 成 原 理

[修订版]

马桂祥 主编

朱怀芳 主审

*

出版人 宋绍南

责任编辑 刘娉婷

封面设计 唐利群

西南交通大学出版社出版发行

(成都市交大路 148 号 邮政编码：610031 发行科电话：7600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbs@center2.swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：16.125

字数：385 千字 印数：1~8000 册

2000 年 8 月第 2 版 2000 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-81022-657-6/T·116

定价：21.00 元

前 言

(修订版)

进入新千年之际，对教育界来说要推进“科教兴国”，但就信息科学而言，计算机技术飞速发展，促使计算机教学必然要知识更新。为此，对1994年编写的第一版内容有必要进行重新修订，目的是使读者拓宽学识，结合实际，打好基础。由于时间紧迫，此次修订由马桂祥一个人完成。

第二版教材内容特点如下：

第一，本书按教学要求，为利于充分理解和融汇贯通，对书中内容和体系不作大的变更，理论基础扎实并具备可持续创新的能力。

第二，本书列举多机并行应用的实例，为拓宽眼界，跟上计算机发展的步伐，有利于同国际接轨。

第三，本书注重知识更新，在微处理器一章中，以高新技术为起点的PC奔腾系列机为基点讲起，对芯片、主板以及视窗Windows 98软件操作进行综合讲述，显示出计算机技术的卓越功能与魅力。

原第一版参与编写有：马桂祥（前言、第一、七、九章）；马端（第二、三章）；曹根宝（第四章）；喻萍（第五章）；黄勇（第六、八章）；主编北方交通大学马桂祥；主审西南交通大学朱怀芳。

在第一版编写过程中得到了铁道部教学指导委员会的靳蕃、何奉道、朱怀芳、丁嘉种以及成都电子科技大学俸远祯等教授审定，经铁道部计算机与自动控制专业指导委员会评选审定并推荐出版，作为有关专业大学本、专科教材，也适用成人教育和工程技术人员学习参考。

第二版的修订是为满足教学上的知识更新，由于篇幅有限和修订时间短暂，本书疏漏和错误之处在所难免，恳望有识之士指正。

编 者

2000年6月

目 录

第一章 计算机系统概论

1.1 计算机发展概况及应用	1
1.2 计算机系统的组成和特点	3
1.2.1 硬件结构的组成与特点	4
1.2.2 硬件各子系统概况	5
1.2.3 软件系统及其特点	6
1.2.4 机器组成与指令执行过程	8
1.3 计算机系统的层次结构	10

第二章 算术、逻辑运算及其实现

2.1 数据信息在机器中的表示	12
2.1.1 机器数的格式	12
2.1.2 机器数的编码表示	13
2.2 定点符号数的加减运算	19
2.2.1 补码加法运算	19
2.2.2 补码减法运算	20
2.3 加减运算的实现	21
2.3.1 并行加法器	21
2.3.2 加法器的逻辑符号图	24
2.3.3 多功能算逻运算部件——通用函数发生器	24
2.4 定点符号数的乘法运算	27
2.4.1 原码一位乘	27
2.4.2 原码两位乘	28
2.4.3 补码一位乘	30
2.4.4 补码两位乘	33
2.4.5 其它快速乘法简介	33
2.5 定点数的除法运算	34
2.6 浮点数的运算	37
2.6.1 浮点数加、减运算	37
2.6.2 浮点数乘、除运算	37

2.6.3	浮点运算的实现	37
2.7	十进制运算	38
2.7.1	8421 码的算法	38
2.7.2	8421 码加法器	40
2.8	逻辑运算	41
2.9	运算器组成实例	41
2.9.1	PDP-11 系列运算器及数据通路	41
2.9.2	VAX-11 运算器	43
小 结		44
习 题		44

第三章 指令系统

3.1	指令功能和指令格式	46
3.1.1	指令功能及类型	46
3.1.2	指令格式	46
3.2	寻址方式	48
3.3	指令系统实例——VAX-11 指令系统	51
3.3.1	数据类型与指令格式	51
3.3.2	VAX-11 机寻址实例	53
小 结		59
习 题		59

第四章 程序控制及其实现

4.1	概 述	61
4.1.1	控制器的功能与组成	61
4.1.2	指令的运行过程	64
4.2	控制方式及时序系统	65
4.2.1	控制器的控制方式	65
4.2.2	时钟系统举例 (DJS-2000 系列)	69
4.3	CPU 内部总线	72
4.3.1	总线的概念	72
4.3.2	CPU 内部总线	72
4.3.3	总线传送的驱动与接收	73
4.4	中断概念及其处理	74
4.4.1	中断的提出	74
4.4.2	中断的分类	75
4.4.3	中断的过程	75
4.5	指令流程	80

4.5.1	指令流程图	80
4.5.2	指令预取	84
4.6	组合逻辑控制及其实现	86
4.6.1	概述	86
4.6.2	组合逻辑控制设计举例	86
4.7	微程序控制器	98
4.7.1	微程序控制器原理	98
4.7.2	控制存储器的操作	102
4.7.3	微程序控制器设计举例	104
小 结		110
习 题		110

第五章 存 储 系 统

5.1	存储器概述	112
5.1.1	基本概念	112
5.1.2	主存储器的组成和操作	113
5.1.3	存储系统的层次结构	115
5.1.4	存储器分类	115
5.2	半导体随机存储器 RAM	116
5.2.1	半导体记忆单元存储原理	116
5.2.2	半导体 RAM 芯片	119
5.3	半导体只读存储器 ROM	123
5.3.1	掩膜型只读存储器 MROM	124
5.3.2	一次可编程只读存储器 PROM	124
5.3.3	可擦可编程只读存储器 EPROM	125
5.3.4	电擦可编程只读存储器 E ² PROM	127
5.4	主存储器组织	127
5.4.1	主存储器设计	127
5.4.2	VAX-11/780 主存子系统简介	129
5.5	高速缓冲存储器 CACHE	130
5.5.1	CACHE 的基本原理	130
5.5.2	地址映像	132
5.5.3	替换算法	134
5.6	虚拟存储器	134
5.7	磁表面存储器	136
5.7.1	磁表面存储原理	136
5.7.2	记录方式	138
5.7.3	磁盘存储器	139
5.7.4	磁带存储器	144

5.8 其它存储器	144
5.8.1 光盘存储器概述	144
5.8.2 光盘存储原理和组成	145
5.8.3 光盘存储与磁存储比较	146
小 结	146
习 题	147

第六章 输入输出 (I/O) 设备

6.1 输入输出设备概述	148
6.1.1 外部设备的含意	148
6.1.2 外部设备的分类	148
6.1.3 外部设备的地位和发展	149
6.2 键盘输入设备	150
6.2.1 普通键盘的基本原理	150
6.2.2 汉字键盘	154
6.3 打印设备	155
6.3.1 概 述	155
6.3.2 击打式打印设备	156
6.3.3 非击打式打印设备	164
6.4 显示设备	167
6.4.1 CRT 工作原理	167
6.4.2 字符显示器及其工作原理	168
小 结	172
习 题	173

第七章 输入输出 (I/O) 系统

7.1 概 述	174
7.1.1 I/O 系统的基本功能	174
7.1.2 I/O 系统的组织原则	175
7.1.3 输入输出方式	176
7.2 系统总线与接口	177
7.2.1 总线概念	177
7.2.2 总线的分类	178
7.2.3 接 口	179
7.3 程序查询方式及其接口	180
7.3.1 程序查询的控制流程	180
7.3.2 程序查询方式的接口	181
7.4 中断传送方式及其接口	183

7.4.1	中断方式及其特点	183
7.4.2	中断的分类	184
7.4.3	中断系统的组织	184
7.4.4	中断优先级控制及其接口	185
7.4.5	多重中断	188
7.5	直接存储器访问 DMA 及其接口	189
7.5.1	DMA 方式的原理	189
7.5.2	DMA 接口 (DMA 控制器)	190
7.5.3	DMA 传送的分类	192
7.6	通道和 I/O 处理机方式	192
7.6.1	从 DMA 控制器到 I/O 处理机的演变	192
7.6.2	通道组织与 I/O 操作管理	193
7.6.3	通道的类型	194
7.6.4	通道命令与通道程序	195
7.6.5	通道程序举例	196
7.6.6	I/O 处理机方式	197
小 结		199
习 题		199

第八章 微 处 理 机

8.1	概 述	200
8.1.1	微型计算机的发展	200
8.1.2	微处理机的结构及特点	201
8.1.3	微处理机芯片系列	202
8.2	8086 十六位微处理机	202
8.2.1	8086 的基本结构	202
8.2.2	8086 的指令系统	207
8.3	PENTIUM (奔腾) 微处理器	209
8.3.1	中央处理器 CPU	209
8.3.2	处理器的系统结构	211
8.4	奔腾机的主板	212
8.4.1	ATX 主板结构	213
8.4.2	主板上的总线	213
8.4.3	外频、倍频、主频和超频	214
8.5	奔腾体系四大硬件	215
8.5.1	通用串行总线 USB	215
8.5.2	内存条与 ZIP 新一代软驱	215
8.5.3	硬盘与光驱	216
8.5.4	高级电源接口	217

8.6	中文视窗软件平台	218
8.6.1	启动与关闭 Windows 98	218
8.6.2	桌面的组成	221
8.6.3	窗口排列与结构	221
8.6.4	鼠标的使用	224
8.6.5	菜单类别及操作	225
小 结		230
习 题		230

第九章 新一代计算机组成

9.1	新一代机概述	232
9.2	新一代机的控制模式	234
9.2.1	控制流方式（指令流方式）	234
9.2.2	数据流方式	235
9.2.3	归约方式	235
9.2.4	匹配方式	236
9.3	RISC 及传输计算机	237
9.3.1	RISC 技术的发展	237
9.3.2	传输计算机 TRANSPUTER	240
9.4	单赋值语言与数据流机	241
9.5	人工神经网络计算机	243
9.5.1	人工神经网络（Artificial Neural Networks）	243
9.5.2	神经元结构	243
9.5.3	神经网络的特征	244
9.5.4	神经网络计算机及其应用	245
小 结		246
习 题		247
参考文献		248

第一章 计算机系统概论

1.1 计算机发展概况及应用

历史发展到今天,从人类认识世界来看,是趋向整体化和系统化的方向。无论是现有系统的最优控制与管理,还是未来系统的最优筹划与设计,单靠人的智能是难以完成的。因为现在人们所研究的系统客体,如工程系统、经济系统、军事系统和社会系统等,其中往往要包含着成千上万个要素,而对这些极其复杂的动态系统,单靠人的头脑去分析解决,不仅速度慢、效率低,而且还容易出错。对更大的复杂系统和超巨系统,若用人脑来解决,在一两代乃至几代的时间内都不能实现,为了克服人的智能在解决复杂系统时所出现的生理局限,迫切需要计算机这一有力的工具,用它来处理大量的数据、信息和知识,并对系统中复杂情况和各种可能进行判断和决策;用它来部分模拟、代替和延伸人的智能。所以,当今智能计算机的出现是人类认识向着整体化、系统化发展的客观需要。

当前,新技术革命把工业化国家带进了后工业化社会,也就是信息化社会。从而改变了产业结构,也改变了人们的价值观念。

从产业结构变化来看,以美国的第三产业为例,有三分之二与信息有关,美国约有一半劳动力和国民生产总值是在信息工业中。我国著名科学家钱学森提出:把科学文化、教育卫生、出版等创造精神财富的行业同服务行业分开,独立出来成为第四产业,因为它是为生产作准备的,应该走在前头。

从价值观念变化来看:美国贝尔认为信息化社会的“轴心原则”就是理论知识的集中,围绕着轴心的是人工智能技术、知识阶层的扩大、从商品转到服务以及工作性质的改变等等。新智能技术就是人工智能,即研制扩大人的思维能力的机器。贝尔还说:信息化社会是以服务为基础,也就是人与人之间的竞赛,胜败的关键不在于体力和能量,而在于信息。知识的扩充,有系统的大量生产知识,不断扩大人们的智能,已成为决定生产力、竞争力以及经济增长速度的关键因素。

计算机技术是先导性技术,它是国民经济和国防建设进行技术改造并实现科学管理不可缺少的现代化手段。计算机技术水平、生产规模和应用程度成为衡量一个国家生产力发展水平和现代化程度的重要标志。

计算机的出现,不仅适应了信息化社会的需要,而更重要的是对人类文明产生了重大的影响,形成了计算机文化的历史时期。

计算机文化的表征之一,是改变人类劳动方式和产业结构,也改变了人们的价值观念;其二是计算机技术与数学结合产生了“计算数学”,与力学结合产生了“计算力学”等等,而计算技术本身,在1991年被美国ACM和IEEE两个学会确定为计算学科(按中国传统称为计算机学科);其三是改变了传统的教育思想和教学方式,使得传授知识的“三中心”论(即以教师为中

心,课堂、书本为中心)受到冲击,兴起了计算机辅助教育 CAE 模式,以适应信息化社会的高水平、高效率、多学科、多学制的教育形式;其四是由于利用计算机犯罪和计算机传播病毒而引发的,对社会伦理道德及社会心理学和犯罪学课题的研究。

纵观计算技术的发展,从人类同自然界的斗争开始,就产生了“数”的概念,随着数的发展,“计算”就成为人类生产、生活的一项重要活动,与此同时相应地也产生了各式各样的计算工具。

最早的计数和计算的工具是用算筹(即竹片或小木棍)来实现的。

算盘是我国古代劳动人民所发明的。虽然说算盘的发明年代尚待考证,但是在南宋时代就已有“九九歌诀”在民间广为流传了。从此,算盘就成为千百年来人们主要的计算工具,时至今日算盘仍然是广泛的被应用着。

1942年,由法国数学家帕斯卡尔(PASCAL)研制成功了机械加法器。

1944年,机电式计算机由美国哈佛大学物理系在美国国际商业公司(简称 IBM 公司)支持下研制成功,将部分使用继电器组成的数字计算机命名为 MARK-I;而全部使用继电器的计算机叫 MARK-II。

在第二次世界大战中,为解决火炮弹道计算的需要,由美国陆军弹道研究所与宾夕法尼亚大学合作,于 1946 年研制成功了电子管计算机,叫 ENIAC。

第一台电子计算机 ENIAC 还存在着不足,其一是没有存储器;其二是计算过程虽然是在程序控制下自动完成的,但程序本身是用线路连接的方式来实现的,每当改变题目和更换解题程序时,需要重新连线,这就影响了计算速度和机器效率。

与此同期,于 1945 年由著名数学家美籍匈牙利人冯·诺依曼(Von·Neumann 1903~1957 年)等人提出了一个全新的存储程序式电子计算机方案 EDVAC(该机于 50 年代初被美国制成),后于 1946 年 7 月又提出一个更加完善的设计报告《初步探讨电子计算机的逻辑结构》,这个综合设计思想便是著名的“冯·诺依曼”型机器的基础。

从 ENIAC 电子计算机诞生后,近半个世纪来,随着器件的发展电子计算机已经历了 4 次重大的技术换代。

第一代:从 ENIAC 开始为电子管计算机时代,这类机器主要用于科学计算,使用机器语言 0、1 代码(指令编码)来编写程序。

第二代:是以晶体管组成的计算机,这类机器的应用重点由科学计算转向数据处理。同时还研制出不依赖于机器的高级语言。

第三代:是集成电路计算机时代。计算机的体积缩小了,同时又研制成图形显示器及终端设备,大大方便了人同机器的联系。

第四代:是大规模集成电路计算机时代,由于体积进一步缩小,而计算机的功能却在扩大,于是成本降低,因而导致廉价的微型计算机得到了迅速的发展,带来了计算机的大普及。

第五代:普遍认为它是超大规模集成电路,是人工智能、软件工程、新型计算机体系结构等综合的产物;是一种更接近于人的计算机系统。它能听懂人说话,能看懂图形和文字,能识别不同的物体,能写字和画图。它有知识,能学习,能够推理,能解问题。人们不必编制程序,只要发出命令或写出某个方程式,或提出某个要求,计算机就能完成所需要的程序,并把结果提供给使用者。目前研制的神经网络计算机就属这类。

科学家还通过化学途径探索脑活动原理,已发现有二十多种氨基酸在神经细胞突触传递

中具有递质作用,利用脑生物电形成极微弱脑磁场来测定人脑高级神经活动信号。贝尔实验已设计出能模仿人脑细胞的集成块,具有回忆所储存的信息和解决问题的能力,这种电子神经网络叫 ENNS,如同具有生命的计算机单元,有人又叫它为第六代计算机。

人工智能、思维科学、心理学与脑科学相结合,于是形成了思维工程,运用人脑工作原理,研制仿脑思维机,及至模拟辩证思维机器,使机器从自动进入自为。

1958年,国际上计算机已从第一代向第二代过渡,正值我国计算机事业的创建阶段。我国根据十二年科技发展规划,采取了先集中、后分散的有力措施,集中了全国计算机界的优秀人才,在中国科学院计算技术研究所组织全国性联合攻关,大力研制开创时期的计算机-103型机(1958年)和104型机(1959年)的电子管式的计算机。

在1960年到1964年间我国又研制晶体管式的108乙机和109乙机,而后又有441B及121机等等。

到70年代,我国自主开发的计算机产品剧增。1971年研制成小规模集成电路的150机,1973年生产第三代的DJS-100系列、DJS-180系列、中大型机DJS-200系列以及微型机长城系列等。

80年代初期,国外发达国家的计算机已经历了第三代和第四代的发展阶段并开始了第五代机的研制,我国在1983年研制成向量流水机757,而后又研制成巨型“银河”机。至此,我国计算机事业有了很大的发展,不论是基础理论和技术研究方面,还是在巨型、大、中、小、微型各类计算机研制,生产和推广方面取得了不少成果。某些领域已达到国际先进水平,形成了一支配套的宏大的专业队伍。由1958年12月创刊的《电子计算机动态》(即《计算机研究与发展》的前身)和稍后创刊的《计算机学报》所刊载的文章(包括科研成果、学术论文以及我国计算机科学的新理论、新技术、新方法、新机器、新应用)就是有力的历史写照。

从计算机的应用来看,大体上可分为数值计算和非数值处理(符号处理)两大类,每一类又分为很多子类。就数值计算来说,它可分为科学计算、系统模拟和工程设计;就非数值处理系统来说,它可分为数据处理、自动控制、知识处理和智能信息处理(人工智能问题求解)。目前计算机的应用范围已由科研、生产和办公室转向各行各业、千家万户,使计算机具有全社会共享性。计算机应用的普及将给人们的工作、学习、家庭活动带来了根本性的变化,这些例子就不一一列举了。

1.2 计算机系统的组成和特点

现在,计算机这个概念通常是指软件和硬件相结合的有机综合体,因此,现在的“计算机”和“计算机系统”往往就是一个概念。但也有人认为:计算机功能日益提高,结构不断扩充,因此把配有成套软件的计算机称为计算机系统更为合适。

计算机加工的对象是数据,处理数据的现代化设备主要又是计算机,所以习惯上也认为“计算机系统”和“数据处理系统”指的是同一事物。上述所说的这样一个系统主要包括了硬件和软件两大部分。硬件指的是系统中的实际装置,由于数据存储的扩展导致外存储器的出现,输入输出方法和设备也日益增多,有时把外存及输入输出设备叫做外部设备。软件指的是程序以及与其有关的资料和说明,即全部文档。软件不仅提高了机器效率,扩展了硬件功能,也方便了用户使用。

1.2.1 硬件结构的组成与特点

用电子器件和机电元件组成的硬件系统是整个计算机系统的物质基础。硬件系统的基本功能就是能够执行预先设计好的指令系统中的各种指令,即由这些指令编制的各种程序。计算机系统的硬件结构虽有不同的构成形式,但是都有着相同的特点。

1. 现有的硬件结构都是由五大模块组成,即运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备等五部分。图 1.1 就是典型的冯·诺依曼体系结构。

该结构以运算器为中心,因此,运算器工作时,存储器不能接收输入或输出信息,影响了系统的工作效率,所以现今的系统结构都改为以存储器为中心,这样就可以使输入输出及运算并行工作了,如图 1.2 所示。

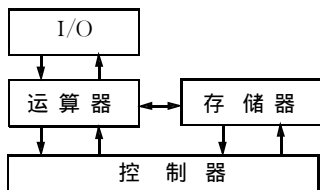


图 1.1 冯·诺依曼体系结构

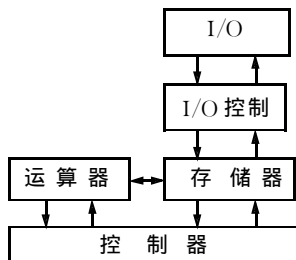


图 1.2 改进后的结构

2. 计算机内部普遍采用二进制 0、1 代码编码,即指令和数据均以二进制代码形式出现。因为无论是电子器材,还是磁性材料,最容易实现两种稳定状态。因此,今天的计算机在其内部均采用二进制编码,从而形成了电子数字计算机的主要特点之一。

3. 存储器是按线性编址,每一个存储单元都有一个称为地址的编号来标识,以顺序地存放指令或数据。从该存储单元取出或存入的二进制信息称为该地址的内容,即存储单元可按地址寻访。所要处理的数据以及进行这一处理过程的所有命令都是事先存放在存储器中,然后让计算机去自动执行的。“存储程序”的思想是近代电子计算机能够自动地进行计算的根本保证。

4. 用来指挥硬件动作的命令称为指令,它由操作码和地址码两部分组成,操作码用来指明本指令的操作性质,地址码用来指出参加操作的数所处的地址。为了充分利用存储空间以能存放更多指令,一个指令集合中往往具有各种功能的、长短不同的指令。在一个指令集合中根据地址码去找到操作数的实际地址的方法称为寻址方式,一般有立即数、直接地址、间接地址、变址和基址等方式。

5. 硬件所能执行的程序是一组指令的序列,这个序列按照地址的顺序存放在存储器中,机器运行时由起始地址(第一条指令所在地址)开始,顺序地从存储器中取一条,执行一条,然后再取出下一条和再执行一条,如此反复直到程序(指令)执行完毕。指令的取出并执行,实际上受控制器中的程序计数器(PC)指挥。按此实现了一般情况下的程序顺序执行。在执行带转移指令时,则将要转移到的地址放入程序计数器,从而实现了程序执行的分支转移。

1.2.2 硬件各子系统概况

1. 存储器子系统

存储器子系统可分为主存储器(简称主存或内存)和辅助存储器(又称外存)两大类。这里仅对主存作简单介绍,外存部分将在第五章专门介绍。

主存是用来存放正运行的解题程序和数据用的内存储器,根据需要可以准确地存入或取出信息。它由存储体逻辑部件和控制电路组成,存储体由许多存储单元组成,它们各自由不同的地址来标识,并可按地址存取其中的二进位信息。

为了实现按地址存取信息,对主存储器而言,除了存储体外,还必须设置一个存储地址寄存器,简称 MAR(Memory Address Register)和一个存储信息寄存器,简称 MDR(Memory Data Register)。利用 MAR 和 MDR,再配以控制信号,如读命令(从存储体内取出存储的信息)、写命令(将信息存入存储体),这样,便可构成一个主存储器的基本结构。如图 1.3 所示。通常人们把从存储体内读出一个字符,或向存储体内写入一个字符的过程叫做访问存储器,简称访存。

2. 运算器子系统

运算器子系统用来实现加、减、乘、除算术运算,并可暂存运算结果。它的具体结构根据运算方法及运算流程图的要求确定。

图 1.4 中 ACC(即 ACCumulator)是累加器, MQ(Multiplier-Quotient register)是乘商寄存器, X 为操作数寄存器。

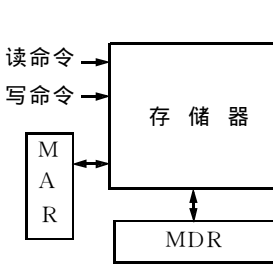


图 1.3 主存结构

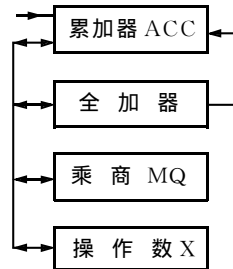


图 1.4 运算器

当然,不同的机器其运算器结构也不同。图 1.4 中参加运算的各操作数由存储器的 MDR 送到相应的 ACC、MQ 或 X,而后再在全加器中运算,运算结果可由 ACC 送至 MDR,再写入存储器的某单元。

3. 控制器子系统

控制器子系统是计算机的神经中枢,由它指挥全机各子系统自动地、协调地工作。具体地说,先要从存储器取出一条指令(这叫做取指过程),然后对取出的这条指令进行分析,指出该指令要完成什么样的操作,并按寻址特征指明操作数的地址,这叫做分析过程,最后根据操作数所在的地址,取出操作数,完成某种操作,这叫做执行过程。可见从取得指令至完成指令给定的任务这一过程,须经过取指、分析、执行三个阶段。协调以上三个阶段工作的过程就是通过控制器子系统来完成的。

4. 输入输出(简称 I/O)子系统

I/O 子系统包括 I/O 设备及 I/O 设备与用户联接的部件,它通称为接口(interface)。

I/O 设备可看作人与机器对话的桥梁,就是通过 I/O 设备将程序与原始数据输送给计算机或是将由计算机处理过的结果数据输送给 I/O 设备记录下来。

I/O 设备与主机的连接方式有两种:脱机方式和联机方式。

1.2.3 软件系统及其特点

计算机软件指的是为了便利计算机使用和提高使用效率的一套程序和文件。它分为系统软件和应用软件。系统软件包括各种语言、汇编程序、编译程序、诊断程序、管理程序与操作系统、数据库管理系统、各种维护和使用手册、程序说明和框图等。应用软件包括应用软件包和用户自编的程序。

从 40 年代由面向机器语言的手编程序开始,到 50 年代有了高级语言,它摆脱了机器语言(指令)的难认难记情况,而比较接近于各种应用环境的程序设计语言、它使计算机的使用有可能从狭小的专家范围扩大到广大的工程技术人员和管理人员范围之中。60 年代建立操作系统,实现了自动地管理计算机系统内各种设备和各种程序的高效运行,既扩充了计算机使用功能又提高了计算机的使用效率。70 年代建立了数据库和计算机网络。80 年代形成软件的开发环境,出现了大量软件工具,用软件工程方法编制软件等。

1. 软件产品的特点

(1) 软件是智力劳动的结晶,它以清单、文本形式或书写在纸张上,或存储在磁盘上、磁带中提供给用户。虽然它不像硬件有看得见摸得着的实体,但其价值超过了计算机硬件本

身,甚至可以说是计算机系统真正的价值所在。软件是计算机系统里重要而不可缺少的组成部分,软件是产品,软件生产往往要用上若干人年的劳动,但其成果又很容易被复制。因此,软件生产者的权益理应受到法律(软件法)的保护。

(2) 在一个计算机系统中,硬件与软件的分配比例并不是一成不变的。如图 1.5 所示,由于逻辑功能上的等效,所以具有相同功能的计算机系统,其软、硬功能分配可在很宽的范围内变化。

随着微电子技术的发展,硬件价格不断下降,而性能不断提高,相反随着软件复杂程度增加,软件人员的严重不足,软件费用却一直上升,如表 1.1 所示。

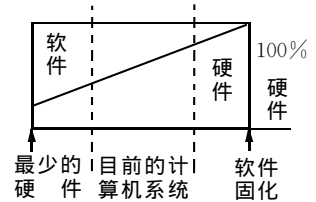


图 1.5 软硬件功能分配

软件经费比重的逆变

表 1.1

年 度	1955	1960	1965	1970	1980	1985
硬件(百分比)	83%	70%	47%	30%	15%	12%
软件(百分比)	17%	30%	53%	70%	85%	88%

(3) 软件必须进行维护。软件产品通过长期使用才能暴露它的隐患,只有维护才能使软件继续工作,另外,软件维护的性质也不同于硬件维护,因为软件在使用中不会磨损消耗,但随着“过时”被功能更强的软件所淘汰。

(4) 为了推广软件,必须在软件生产中考虑到软件产品的可移植性。

(5) 至今软件大部分是手工生产的,不能适应发展的需求。因此,寻求软件自动化生产的方法和途径引起人们的极大关注并已取得许多成果。

2. 软件分类:常用软件有以下几类,如图 1.6 所示。

(1) 操作系统:它是管理控制和监督计算机硬件资源(包括外部设备)、软件和数据的一系列程序的总称,是常驻计算机中的系统软件。主要功能有:处理机管理、存储管理、设备管理和文件管理等。

(2) 计算机语言翻译程序:常用的程序设计语言可分为面向过程的语言,如 BASIC、FORTRAN、PASCAL 等;非过程的语言,如 LISP;面向应用的语言,如 GPSS 以及面向问题的语言等。

3. 程序库:它包含最常用计算方法的程序,如初等函数的计算程序,即三角函数、对数和指数函数等,以及非线性方程求根、解代数方程组、求解微分方程、数值积分等的计算程序。有时也称为标准程序库。

4. 软件包:是由针对不同专业用户的需要所编制的大量的标准化、模块化的应用程序组成的。如图形软件包、会计软件包、文字处理软件包等等。

5. 数据库及数据库管理系统:由于信息处理业务量不断增加,大量数据在存储器内必须合理组织,使重复出现的情况减少,并能多个用户共享,这就组成了数据库。而数据库管理系统(DBMS),则是用来管理数据库中数据的一组复杂软件。

以上分别对硬件和软件的组成及特点做了简要的介绍,为了概括整个计算机面貌,现列出了一览表,如表 1.2 表示,供读者参考。

应用程序	应 用 软 件
软件包	
数据库及其管理系统	系 统 软 件
程序库	
语言及其翻译程序	
操作系统	

图 1.6 软件分类

表 1.2

年 代	第一代 (1946~1956)	第二代 (1957~1963)	第三代 (1964~1981)	第四代 (1982~1989)	第五代 (1990 至今)
硬 件	电子管线路 磁 鼓 阴极射线管	晶体管线路 磁芯存储器	集成电路 半导体存储器 磁 盘	LSI, VLSI 微处理器 光 盘 分布式系统	WSI, 3D-VLSI 光集成电路 约瑟夫逊器件 多微处理器
软 件	机器代码的 存储程序	高层次语言 FORTRAN ALGOL COBOL	结构化程序设 计 操作系统 PASCAL LISP 计算机图形数 据库系统	面向客体的 程序设计 ADA Smaltalk PROLOG 软件开发环 境与工具 专家系统	符号处理 并发语言 函数式语言 逻辑语言 自然语言理 解 知识库系统

年 代	第一代 (1946~1956)	第二代 (1957~1963)	第三代 (1964~1981)	第四代 (1982~1989)	第五代 (1990 至今)
通 讯 技 术	电话、电报、电 传打字	数字传输 脉码调制	卫星通讯 微波网 光纤通讯交换技 术	集成系统 数字网络	多媒体集成信 息系统
机 型 举 例	ENIAC EDVAC UNIVAC IBM650	NCR501 IBM7094 CDC6600	IBM360、370 PDP-11, VAX Honeywell200 Illiac-IV Cray1 Cyber-205	IBM308 Cray-X-MP Amdahl580	Connection- machine 超大型计算机
性 能 指 标	2KB 内存 10KIPS	32KB 内存 200KIPS	2MB 内存 5MIPS	8MB+ 内存 30MIPS	xGB 内存 1G~100GIPS

1.2.4 机器组成与指令执行过程

计算机虽已经历了四代变革,但就其基本系统结构而言,依然是冯·诺依曼机体系,也称传统体系结构。

当前,这种传统机器的组成联接方式有两种:一种是如图 1.7(a)所示的以 IBM370/168 为代表的 I/O 通道结构;另一种是如图 1.7(b)所示的以 VAX-11/780 为代表的总线结构。尽管结构和硬件组成不同,其特征是相同的。如:

1. 单一的 CPU,顺序执行指令。
2. 按地址访问线性存储空间。
3. 存储程序控制由程序计数器完成。
4. 机器指令由操作码和地址码组成。
5. 算术逻辑运算以二进制为基础,采用二值逻辑线路。

从图 1.7(a)看出它是典型传统体系结构(参见图 1.1),只能串行工作。而图(b)仍是冯·诺依曼体系,但可并行工作。

下面简单介绍指令的执行过程:

为了正确理解指令的整个执行过程,将图 1.7 中的内存填上程序就构成了如图 1.8 所示的情况。

图 1.8 的左半部是控制器,包括程序计数器、指令寄存器、译码器及操作控制逻辑线路等。右上部是运算器,包括加法器、累加寄存器等,右下部是内存储器,在其中存放着程序及数据。现分步说明:

第一步:取指令——按程序计数器中的地址 0102,从内存中取出 070345 送往指令寄存器,即图中的①标出的线路,能表示时间和空间的变化状态。