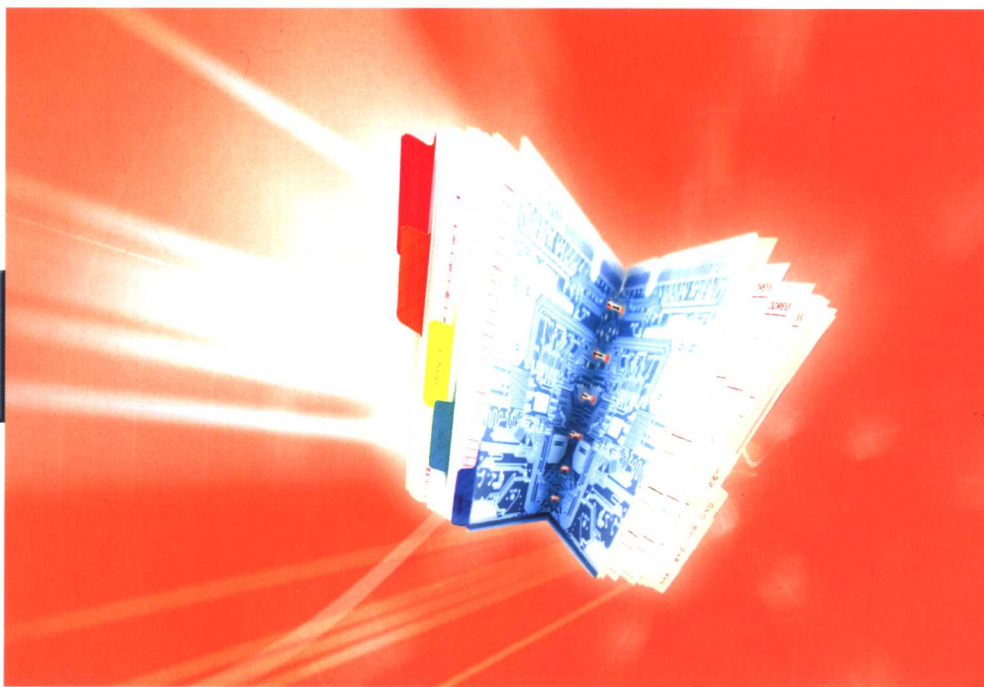


21世纪高等院校应用型规划教材

# 计算机组成原理



姚卫新 编著

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等院校应用型规划教材

# 计算机组成原理

姚卫新 编著



机械工业出版社

本书介绍了计算机系统的组成和工作原理,内容包括:计算机概述、数制与编码、逻辑代数基础、存储系统、指令系统、中央处理器、中断系统、总线系统、输入输出系统和外部设备。每章后均附有习题。

本书可作为计算机与信息管理类本科教材、工程技术人员的学习教材,也可作为高等职业技术学院、各类专科学校和成人教育计算机相关专业的教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理/姚卫新编著. —北京:机械工业出版社, 2006. 1  
(21世纪高等院校应用型规划教材)

ISBN 7-111-17891-2

I. 计... II. 姚... 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 (2005) 第 133593 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划: 胡毓坚 责任编辑: 罗子超 责任印制: 洪汉军  
三河市宏达印刷有限公司印刷

2006 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm  $\frac{1}{16}$  · 17 印张 · 420 千字

0001—5000 册

定价: 24.00 元

凡购本图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

# 出版说明

进入信息时代,我国高等教育面临的情况发生了巨大变化。信息技术日新月异,使得与其相关的课程知识结构更新迅速。由于社会对应用型人才的需求日趋强烈,高校也越来越注重对学生实践能力的培养。大多数高校的上机环境、教师的业务水平和工作条件都得到了明显改善,为教学模式、方法与手段的改革提供了必备的条件。多媒体教室的建设、学生上机时数的增加,实验室建设这一系列措施对教材的建设提出了新的要求。

为了切实体现教育思想和教育观念的转变,依据高等院校教学内容、教学方法和教学手段的现状,机械工业出版社推出了这套“21世纪高等院校应用型规划教材”。

本教材系列以建设“一体化设计、多种媒体有机结合的立体化教材”为宗旨,其目标是:建设一批符合应用型人才培养目标的、适合应用型人才培养模式的系列精品教材。本系列教材的编写者均为相关课程的一线主讲教师,教材内容注重理论与实际应用相结合,其中大力补充新知识、新技术、新工艺、新成果,非常适合各类高等院校、高等职业学校的教学。

为方便老师授课,本套教材为主干课程配备了电子教案、实验指导、习题解答等相关辅助内容。

机械工业出版社

# 前 言

《计算机组成原理》是计算机及其相关专业的专业必修课,在专业教学中起着承前启后的作用,该课程具有知识面广、内容多、难度大、更新快等特点。

为了使学生能建立起计算机整体的概念,为进一步深入学习专业后续课程打下良好的基础,本书从冯·诺依曼计算机结构的基本概念与基本结构出发,剖析各部件功能特性及其组成原理和方法,力求反映新技术、新动向,以适应计算机技术发展和教学的需要。

本教材突出介绍计算机组成的一般原理,不结合任何具体机型,便于教学的开展,在具体讲授时,可适当例举当前典型计算机组成及特点。

在编写本书过程中,力争内容全面、基本概念清楚、系统性强、知识结构合理、有较广的知识面。

全书共分 10 章。第 1 章简单讲述了计算机的发展情况以及典型结构,使读者对计算机的整体结构有一个了解。第 2 章介绍了进位计数制和编码的方法,帮助读者掌握计算机内部计算的基础。第 3 章主要介绍了逻辑代数的基础知识和一般的化简方法。第 4 章介绍了存储系统,重在让读者理解存储器的组成、扩充及与 CPU 的连接方法。第 5 章对计算机的指令系统作了较为详细的论述,使读者对指令格式、指令的寻址方式、指令的分类有一个系统认识。第 6 章介绍了中央处理器的组成和工作原理。第 7 章介绍了中断的一般概念和不同中断方式的工作过程。第 8 章论述了总线的概念及不同类型的总线结构。第 9 章是输入输出系统,介绍了数据的传送方式。第 10 章介绍了目前常用的外部设备的工作原理和使用特点。

由于计算机技术发展日新月异,本书难免存在不足,请读者批评指正。

为配合本书的教学,机械工业出版社免费提供电子教案,读者可到 <http://www.cmpbook.com> 网站下载。

编 者

# 目 录

出版说明

前言

<b>第 1 章 计算机概述</b> .....	1
1.1 计算机的基本结构 .....	1
1.1.1 冯·诺伊曼计算机基本结构 .....	1
1.1.2 计算机的基本组成及功能 .....	2
1.2 计算机系统的组成 .....	4
1.2.1 硬件与软件 .....	4
1.2.2 计算机系统的基本组成 .....	5
1.3 微型计算机的产生和发展 .....	5
1.3.1 第一台微型计算机的诞生 .....	5
1.3.2 微型计算机的发展阶段 .....	6
1.4 微型计算机的特点与分类 .....	7
1.4.1 微型计算机的主要特点 .....	7
1.4.2 微型计算机的分类 .....	8
1.4.3 微型计算机的主要技术指标 .....	8
1.5 微型计算机的基本结构 .....	9
1.6 微型计算机的应用 .....	11
1.6.1 科学计算和信息处理 .....	12
1.6.2 辅助设计和辅助制造 .....	12
1.6.3 测控领域 .....	12
1.6.4 网络通信 .....	13
1.6.5 人工智能 .....	14
1.7 习题 .....	14
<b>第 2 章 数制与编码</b> .....	16
2.1 进位计数制 .....	16
2.1.1 十进制数的表示 .....	16
2.1.2 二进制数的表示 .....	17
2.1.3 其他进制数的表示 .....	19
2.2 数制转换 .....	20
2.2.1 二进制数与十进制数的转换 .....	20
2.2.2 八进制、十六进制与二进制间的转换 .....	22
2.3 带符号数的代码表示 .....	22
2.3.1 真值与机器数 .....	23
2.3.2 原码 .....	23
2.3.3 反码 .....	24
2.3.4 补码 .....	24
2.3.5 机器数的加、减运算 .....	25

2.4 数的定点表示和浮点表示 .....	27
2.4.1 数的定点表示 .....	27
2.4.2 数的浮点表示 .....	28
2.5 数码和字符的代码表示 .....	29
2.5.1 十进制数的二进制编码 .....	29
2.5.2 可靠性编码 .....	31
2.5.3 字符代码 .....	36
2.6 数值的机器运算 .....	37
2.6.1 定点加减运算 .....	37
2.6.2 带符号数的移位和舍入操作 .....	40
2.6.3 定点乘法运算 .....	41
2.6.4 定点除法运算 .....	46
2.6.5 规格化浮点运算 .....	49
2.7 习题 .....	52
<b>第3章 逻辑代数基础</b> .....	<b>54</b>
3.1 逻辑代数的基本原理 .....	54
3.1.1 逻辑代数的基本运算 .....	54
3.1.2 逻辑代数的基本公式、规则 .....	55
3.1.3 基本逻辑电路 .....	57
3.2 逻辑函数表达式的形式 .....	60
3.2.1 基本形式 .....	61
3.2.2 标准形式 .....	61
3.3 逻辑函数的化简 .....	62
3.3.1 公式法化简逻辑函数 .....	63
3.3.2 卡诺图化简逻辑函数 .....	64
3.4 习题 .....	69
<b>第4章 存储系统</b> .....	<b>71</b>
4.1 存储器概述 .....	71
4.1.1 存储器分类 .....	71
4.1.2 存储器的分级结构 .....	72
4.1.3 主存储器的技术指标 .....	72
4.2 随机读写存储器 .....	73
4.2.1 SRAM 存储器 .....	73
4.2.2 DRAM 存储器 .....	78
4.2.3 高性能的主存储器 .....	80
4.3 只读存储器和闪速存储器 .....	82
4.3.1 只读存储器 .....	82
4.3.2 闪速存储器 .....	83
4.4 Cache 存储器 .....	83
4.4.1 Cache 的基本原理 .....	83
4.4.2 替换策略 .....	85

4.4.3	Cache 的写操作策略 .....	86
4.5	虚拟存储器 .....	86
4.5.1	虚拟存储器的基本概念 .....	86
4.5.2	页式虚拟存储器 .....	88
4.5.3	段式虚拟存储器 .....	89
4.5.4	段页式虚拟存储器 .....	90
4.5.5	替换算法 .....	91
4.6	内存的分类和使用 .....	91
4.6.1	按内存的外观分类 .....	91
4.6.2	按运行特征分类 .....	92
4.6.3	内存条的结构 .....	94
4.7	磁带存储器 .....	95
4.8	磁盘存储器 .....	98
4.9	光盘存储器 .....	100
4.10	习题 .....	101
<b>第5章</b>	<b>指令系统 .....</b>	<b>103</b>
5.1	指令格式与寻址方式 .....	103
5.1.1	指令格式 .....	103
5.1.2	简单寻址方式 .....	104
5.1.3	一般寻址方式 .....	106
5.2	指令的种类 .....	108
5.3	指令执行方式 .....	112
5.4	精简指令系统计算机(RISC)技术 .....	115
5.4.1	RISC 的产生和发展 .....	115
5.4.2	RISC 的主要特点 .....	116
5.4.3	RISC 和 CISC 的比较 .....	116
5.5	8086/8088 的指令系统 .....	117
5.5.1	数据传送指令 .....	117
5.5.2	算术运算指令 .....	120
5.5.3	逻辑运算和移位指令 .....	126
5.5.4	串操作指令 .....	128
5.5.5	转移指令 .....	131
5.5.6	处理器控制指令 .....	135
5.6	习题 .....	136
<b>第6章</b>	<b>中央处理器 .....</b>	<b>139</b>
6.1	中央处理器的功能与组成 .....	139
6.1.1	中央处理器的功能 .....	140
6.1.2	中央处理器的结构 .....	140
6.2	控制器的功能与结构 .....	143
6.2.1	控制器的功能 .....	143
6.2.2	控制器的结构 .....	145



6.3	时序	147
6.3.1	时序控制方式	148
6.3.2	多级时序的建立	149
6.3.3	典型的指令周期	151
6.4	典型微处理器	152
6.4.1	80386 微处理器	153
6.4.2	Pentium 微处理器	159
6.4.3	Power PC 620 与 Alpha 21164 微处理器	162
6.5	习题	163
<b>第 7 章</b>	<b>中断系统</b>	<b>165</b>
7.1	中断的基本概念	165
7.1.1	中断问题的提出	165
7.1.2	中断的作用	166
7.1.3	中断过程	166
7.1.4	中断源和中断类型	167
7.1.5	单级中断与多级中断	168
7.2	中断结构	168
7.2.1	中断请求的提出和屏蔽	168
7.2.2	中断请求的传送和中断的优先排队	169
7.3	中断响应及响应的条件	171
7.4	向量中断	173
7.5	中断服务处理	175
7.6	可编程中断控制器 8259A	176
7.7	8086 的中断结构	184
7.7.1	8086 的中断类型	184
7.7.2	中断向量和中断向量表	186
7.7.3	8086 的中断响应过程	187
7.8	习题	188
<b>第 8 章</b>	<b>系统总线</b>	<b>190</b>
8.1	总线的出现	190
8.2	总线的分类	191
8.3	总线特性及性能指标	192
8.3.1	总线特性	192
8.3.2	总线性能指标	193
8.3.3	总线标准	194
8.4	总线结构	194
8.4.1	单总线结构	194
8.4.2	多总线结构	195
8.5	总线判优控制	196
8.6	总线通信控制	197
8.7	MultiBus 总线	201

8.8	ISA 和 EISA 总线 .....	205
8.9	VESA、PCI 和 FutureBus+ 总线 .....	208
8.10	外部总线 .....	210
8.10.1	通用串行总线(USB) .....	210
8.10.2	串行标准总线 RS-232C .....	213
8.10.3	其他外部总线 .....	217
8.11	习题 .....	219
<b>第 9 章</b>	<b>输入输出系统 .....</b>	<b>220</b>
9.1	程序直接控制方式 .....	220
9.2	程序中断控制方式 .....	221
9.2.1	单级程序中断 .....	222
9.2.2	多级程序中断 .....	222
9.3	DMA 输入输出方式 .....	224
9.3.1	DMA 方式 .....	224
9.3.2	DMA 的数据传送方式 .....	224
9.4	通道和 I/O 处理机方式 .....	227
9.4.1	通道组织和 I/O 操作管理 .....	227
9.4.2	通道的类型 .....	228
9.5	I/O 处理机方式 .....	229
9.6	DMA 控制器 8237A .....	231
9.6.1	8237A 的内部结构及与外部的连接 .....	231
9.6.2	8237A 的引脚特性 .....	232
9.6.3	8237A 的内部寄存器 .....	233
9.7	习题 .....	238
<b>第 10 章</b>	<b>外部设备 .....</b>	<b>239</b>
10.1	显示器 .....	239
10.1.1	CRT 显示器 .....	239
10.1.2	液晶显示器 .....	243
10.2	键盘、鼠标、扫描仪 .....	246
10.2.1	键盘 .....	246
10.2.2	鼠标 .....	247
10.2.3	扫描仪 .....	248
10.3	打印机 .....	250
10.3.1	针式打印机 .....	250
10.3.2	喷墨打印机 .....	253
10.3.3	激光打印机 .....	255
10.4	声卡与音箱 .....	258
10.4.1	声卡 .....	258
10.4.2	音箱 .....	260
10.5	习题 .....	261
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>262</b>

# 第 1 章 计算机概述

电子计算机的诞生是人类文明史上继语言的产生、文字的出现以及印刷术的发明之后,又一个崭新的进步。但与以往各项科学技术经历的漫长发展周期不同,电子计算机从它诞生至今才约 60 年的历史,却经历好几代不断提高的发展阶段。尤其是进入 20 世纪 70 年代以后,随着微电子学在理论上和制造工艺上的成熟和发展,相继出现了大规模集成电路和超大规模集成电路,计算机技术除了向高性能巨型机方向发展外,还向微型计算机方向快速发展。各种各样的微处理器及微型计算机先后被研制出来,其性能不断提高,有的已经接近或超过以前中、小型计算机,甚至大型计算机的处理能力和性能指标。微型计算机的发展速度大大超过了前几代计算机的发展速度,其更新换代周期之短,性能指标提高之快,是近代科学技术发展史上所罕见的。

本章首先对一般计算机的结构做简要介绍,然后介绍微型计算机的产生和发展、主要特点与分类,以及微型计算机的基本结构等内容。

## 1.1 计算机的基本结构

从世界上第一台计算机到当今流行的笔记本电脑,都有着相同的基本结构,主要由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 个部分组成。尽管有许多学者和技术人员对这样的结构提出了种种批评,甚至提出了新的计算机结构,但时至今日,还没有出现真正能替代现行结构的实用的新型计算机。

### 1.1.1 冯·诺伊曼计算机基本结构

1946 年诞生的世界上第一台电子计算机(ENIAC)采用电子管作主要构成元件,大大提高了运算速度,达到每秒钟完成加法运算 5000 次。但它存在的主要缺陷是不能存储程序。它是由人工设置开关,并以插入和拨出导线插头的方式来编制程序的,编程时需要对大约 6000 多个开关进行仔细的机械定位,并用转插线把选定的各个控制部分互连起来以构成程序序列,这种原始的机械式编程方法效率很低。

1944~1945 年间,著名美籍匈牙利数学家冯·诺伊曼参加了在美国宾夕法尼亚大学进行的 ENIAC 计算机研制任务,在研制过程中,他深深地感受到 ENIAC 不能存储程序这一缺陷。在 1945 年由他领导的 EDVAC(离散变量自动电子计算机)试制方案中,他作为一位主要倡导者指出:ENIAC 的开关定位和转插线连接只不过代表着一些数字信息,它们完全可以像受程序管理的数据一样,存放于主存储器中,这就是最早的“存储程序”概念的产生。EDVAC 计算机由运算器、逻辑控制装置、存储器、输入设备和输出设备 5 个部分组成。它采用了“存储程序”的思想,把数据和程序指令用二进制代码的形式存放在存储器中,保证计算机能按事先存入的程序自动地进行运算。

冯·诺伊曼提出的“存储程序”的思想,以及由他首先规定的计算机的基本结构,人们称之

为冯·诺伊曼计算机结构。归纳其基本内容,主要包括以下几点:

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

(2) 数据和程序均以二进制代码形式不加区别地存放在存储器中,存放的位置由存储器的地址指定。

(3) 计算机在工作时能够自动地从存储器中取出指令加以执行。

半个多世纪以来,随着计算机技术的不断发展和应用领域的不断扩大,相继出现了各种类型的计算机,包括小型计算机、中型计算机、大型计算机、巨型计算机以及微型计算机等,它们的规模不同,性能和用途各异,但就其基本结构而言,都是冯·诺伊曼计算机结构的延续和发展。

### 1.1.2 计算机的基本组成及功能

计算机的基本组成框图如图 1-1 所示。

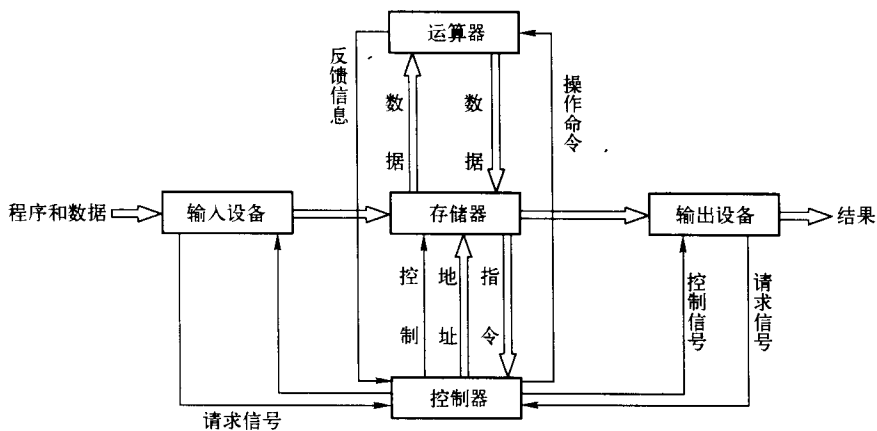


图 1-1 计算机基本组成框图

图 1-1 表明,程序和数据通过输入设备送入到存储器中,程序被启动执行时,控制器输出地址及控制信号,并从相应的存储单元中取出指令送到控制器中进行识别,分析该指令执行什么运算或操作,然后控制器根据指令含义发出操作命令,例如将某存储单元中存放的数据取出并送往运算器进行运算,再把运算结果送到存储器的指定单元中。当指定的运算或操作完成后,将结果通过输出设备送出。

通常将运算器和控制器合称中央处理器(Central Processing Unit,CPU)。CPU 和存储器一起构成计算机的主机部分,而将输入设备和输出设备称为外部设备。在微型计算机中,往往把 CPU 制作在一块大规模集成电路芯片上,称之为微处理器(Microprocessor)。

下面对组成计算机的几个主要功能部件作简要介绍。

#### 1. 存储器

存储器是用来存放程序和数据信息的记忆装置。它是组成计算机的主要部件,也是使计算机能够实现“存储程序”功能的基础。

随着科学技术的进步,存储器的存储元件也在不断发展和更新。早期曾用电子管或继电器作存储元件,后来改用水银延迟线等作存储元件。从 1953 年开始使用磁芯作存储元件,磁芯存储器在一段较长时间内成为计算机内存的主要形式。70 年代以后,大规模集成电路技术

飞速发展,半导体存储器逐渐取代磁芯存储器,而成为现代计算机内存的主要形式。目前,由大规模集成电路技术制成的半导体存储器,其集成度及性能指标还在不断提高。

根据存储器和中央处理器的关系,存储器可分为主存储器(简称主存,又称内存)和外存储器(简称外存,也称辅助存储器)。主存储器通常设置在主机内部,是CPU可以直接对它进行读出或写入信息(也称访问)的存储器,用来存放当前正在使用或经常要使用的程序和数据。它的容量较小,速度较快,但价格较高。辅助存储器设置在主机外部,用来存放相对来说不经常使用的程序和数据,在需要时与内存进行成批交换。外存的特点是存储容量大,价格较低,但存取速度较慢。外存通常由磁表面记录介质构成,如磁盘、磁带等,现在已经出现采用激光技术的光盘作大容量外存储器。需要说明的是,从计算机的整体来看,磁盘、磁带等存储器都属于存储系统的一部分,但从主机的角度看,它们又属于外围设备的范畴。

主存储器通常由存储体和有关的逻辑控制电路组成。存储体是由存储元件(如磁芯、半导体电路等)组成的一个存储数据信息的阵列。存储体中存放着程序和数据信息,而要对这些信息进行存取,必须通过有关的控制逻辑电路才能实现。存储体被划分为若干个存储单元,每个单元存放一串二进制信息,也称存储单元的内容。为了便于存取,每个存储单元有一个对应的编号,称为存储单元的地址。对于计算机初学者,需注意的是存储单元的“地址”与“内容”的区别,可以将此对应地比喻成旅馆的“房间号”与“房间里住的人”。当CPU要访问某个存储单元时,必须首先给出地址,送入存储器的地址寄存器(MAR),然后经译码电路选取相应的存储单元。从存储单元读出的信息(内容)先送入存储器的数据寄存器(MDR),再传送给目的部件;写入存储器的信息也要先送至存储器的数据寄存器中,再依据给定的地址把数据写入到相应存储器单元中。

另外,为了对存储器进行读、写操作,控制器除了要给出地址外,还要给出启动读、写操作的控制信号,这些控制信号到底何时发出,由机器的操作时序决定。

## 2. 运算器

运算器是执行算术运算(加、减、乘、除等)和逻辑运算(与、或、非等)的部件,所以又称之为算术逻辑部件(Arithmetic Logic Unit, ALU)。它除核心部件加法器外,还有一个能在运算开始时提供一个操作数,并在运算结束时存放运算结果的累加寄存器(Accumulator)、通用寄存器组以及有关的输入输出控制逻辑电路。功能较强计算机的运算器还具有专门的乘除法部件和和浮点运算部件。

## 3. 控制器

控制器是指挥和控制计算机各部件协调工作的功能部件。它从存储器中逐条取出指令,翻译指令代码,并产生各种控制信号以指挥整个计算机有条不紊地工作,一步一步地完成指令序列所规定的任务。同时控制器还要接收运算器、存储器以及输入输出设备的操作状况的反馈信息,以决定下一步的工作任务。所以控制器是整个计算机的操作控制中枢,依据程序指令决定计算机在什么时间、根据什么条件去做什么工作。

为了让各种操作能按照一定的时间关系有序地进行,计算机内设有一套时序信号,给出时间标志。计算机的各个功能部件按照统一的时钟或节拍信号,一个节拍一个节拍地快速而有秩序地完成各种操作任务。通常将一条指令的整个执行时间定义为一个指令周期(Instruction Cycle);每个指令周期再划分为几个机器周期(Machine Cycle);每个机器周期又分为几个时钟周期。时钟周期是机器操作的最小时间单位,由机器的主频来决定。

将最基本的不可再分的简单操作叫做“微操作”；控制微操作的命令信号叫“微命令”，它是比“指令”更基本、更小的操作命令。例如，开启某个控制电位，清除某寄存器或将数据输入某个寄存器等。通常一条指令的执行就是通过一串微命令的执行来实现的。控制器的基本任务就是根据各种指令的要求，综合有关的逻辑条件和时间条件产生相应的微命令。

按照微命令形成方式的不同，控制器的结构可分为两种：组合逻辑控制器和微程序控制器。组合逻辑控制器是早期计算机控制器的组成形式，它直接由组合逻辑电路产生微操作控制信号，因而其操作速度较快，但相应的控制逻辑电路十分庞杂，给设计、调试和检测带来不便。这种形式的控制器设计完毕后若想修改，则更为困难。微程序控制器是采用微程序设计技术(Microprogramming)实现的。它是将指令执行所需的微命令编制成微程序，并事先存放在控制存储器(一般为只读存储器)中，修改该只读存储器的内容即可改变计算机的指令系统。它与组合逻辑控制器相比，具有规整性和灵活性的突出优点，但微程序控制器每执行一条指令都要启动控制存储器中的一串微指令(即一段微程序)，因此指令的执行速度相对于组合逻辑控制器来说要慢。微程序控制的概念最早由英国剑桥大学的威尔克斯于1951年提出，并将这种思想用于计算机控制器的设计。它实质上是用软件的方法来产生和组织微操作控制信号，用存储逻辑控制代替组合逻辑控制。

#### 4. 输入设备

输入设备的任务是用来输入操作者或其他设备提供的原始信息，并把它转变为计算机能够识别的信息，送到计算机内部进行处理。传统的输入设备有键盘、卡片阅读机、纸带输入机等。新型的输入设备种类很多，如光字符阅读机、光笔、鼠标器、图形输入器、汉字输入设备、视频摄像机等。

#### 5. 输出设备

输出设备的任务是将计算机的处理结果以人或其他设备能够识别和接受的形式(如文字、图像、声音等)输送出来。常用的输出设备有打印机、显示器、绘图仪等。

现在人们常见的各种计算机终端设备，把键盘和显示器配置在一起，它实际上是输入设备(键盘)和输出设备(显示器)的组合。

## 1.2 计算机系统的组成

一个完整的计算机系统，应由硬件与软件两大部分组成。硬件与软件相辅相成，互为依托，且分别不断发展，使得计算机的性价比越来越高。

### 1.2.1 硬件与软件

硬件通常泛指构成计算机的设备实体。例如前面介绍的控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备等部件和设备，都是计算机硬件。一个计算机系统应包含哪些部件，这些部件按什么结构方式相互连接成有机的整体，各部件应具备何种功能，采用什么样的器件和电路构成，以及在工艺上如何进行组装等，都属于硬件的技术范畴。

软件通常泛指各类程序和文档。它们实际上是由特定算法及其在计算机中的表示(体现为二进制代码序列)所构成。计算机软件一般包括系统程序、应用程序及各类文档等。由计算机厂家提供、为了方便使用和管理计算机工作的程序(如操作系统、汇编程序、编译程序及数据

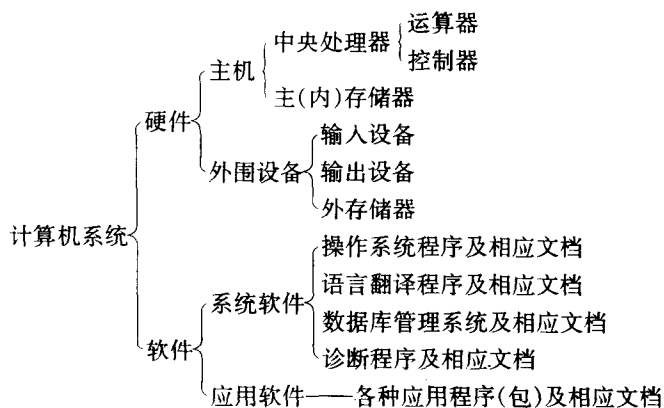
库管理系统等)统称系统程序,或称系统软件;为解决用户的特定问题而编写的程序(如科学计算程序、过程控制程序、文字处理程序等)统称应用程序,或称应用软件。

随着计算机硬件及软件技术的不断发展,硬件与软件也出现了相互补充、相互融合的发展方向。两者之间的划分界限也在不断改变着。原来由硬件实现的一些操作可以改由软件来实现,称为硬件软化,可以增加系统的灵活性和适应性。相反,原来由软件实现的操作可以改由硬件来实现,称为软件硬化,可以有效地发挥硬件成本日益降低的潜力,并显著降低软件在执行时间上的开销。从根本上来说,计算机的任何一种操作功能,既可以用硬件来完成,也可以用软件来完成,即通常所说的软件与硬件在逻辑上的等价性。对于一个具体的计算机系统来说,究竟采用软件方案还是硬件方案来实现某一操作,要根据系统的价格、速度、灵活性以及生存周期等多方面因素来决定。

现在由于大规模集成电路技术的提高,人们已经着手把许多复杂的、常用的软件写入容量大、价格低、体积小的可改写只读存储器(EPROM)中,制成了“固件”。固件是一种介于软件与硬件之间的实体,其功能类似软件,其形态又类似硬件,它代表着软件与硬件相结合的一种重要形式。

### 1.2.2 计算机系统的基本组成

要使计算机能够正常而有效地工作,不但必须有硬件设备的支持,而且也要有良好的软件环境的支持。现将一个完整的计算机系统的组成归纳如下:



## 1.3 微型计算机的产生和发展

随着电子技术的迅速发展和应用范围的不断扩大,微型计算机也不断从低级向高级发展。

### 1.3.1 第一台微型计算机的诞生

20世纪70年代,工业自动化技术、空间技术以及军事工业等迅速发展,迫切需要体积小、可靠性高和功耗低的计算机,这种社会的直接需求是促成微型计算机产生和发展的强大动力。另外,当时的大规模集成电路技术和计算机技术已经发展到一定水平,1970年已经可以生产1K位的存储器和多种LSI产品;计算机的软、硬件设计技术也不断完善,如总线结构、微程序技术、灵活的寻址方法以及有效的中断系统等。这些都为开发和制造微型计算机准备了技术

条件。

1971年,世界上第一台微型计算机在美国旧金山南部的硅谷应运而生,并在计算机发展史上开创了微型计算机的崭新时代。它的最早开发设计者是 Intel 公司的年轻工程师霍夫(Hoff),他首先提出了可编程通用微型计算机的设想,即把计算机的全部电路做在四片集成电路芯片上,包括中央处理器(CPU)芯片、随机存储器芯片、只读存储器芯片和寄存器芯片。这个设想首先是由 Intel 公司另一名年轻工程师费金(Fagin)在  $4.2\text{ mm} \times 3.2\text{ mm}$  的硅片上集成了 2250 只晶体管构成的中央处理器实现的。这就是世界上最早的 4 位微处理器 Intel 4004。再加上一片 320 位的随机存储器,一片 266 字节(每字节为 8 位二进制数位)的只读存储器和一片 10 位的寄存器,通过总线(BUS)相连就组成了 4 位微型计算机。这就是 1971 年诞生的世界上第一台微型计算机。

### 1.3.2 微型计算机的发展阶段

凡是由一片或几片大规模集成电路组成的具有控制器和运算器功能的中央处理器,统称为微处理器(Microprocessor),又称微处理机。微处理器本身并不等于微型计算机,它仅仅是微型计算机的中央处理器部件。

微型计算机(Microcomputer)是指以微处理器为核心,再配上由大规模集成电路制作的存储器、输入/输出接口电路以及系统总线(System Bus)所组成的计算机,简称微型机。

由不同规模的集成电路构成的微处理器,形成了微型计算机的不同发展阶段。随着大规模集成电路技术的飞速发展,微型计算机的发展速度是惊人的,在短短 10 多年时间内,竟经历了几代的发展过程,差不多 2~3 年就更新换代一次,大大超过前几代计算机的发展速度。

#### 1. 第一代微型计算机(1971~1973 年)

继 1971 年世界上第一个微处理器 Intel 4004 诞生之后,紧接着 Intel 公司又对其性能加以改进,生产了 4 位微处理器 Intel 4040 以及由它组成的 MCS-4 微型计算机。这时,许多公司和厂家对微处理器产生了极大兴趣,Intel 公司乘此形势,于 1972 年很快生产出了 8 位的微处理器 Intel 8008 以及由它组成的 MCS-8 微型计算机。这就是第一代微处理器和微型计算机。其主要特点是:采用 P 沟道 MOS 电子器件,基本指令执行时间为  $10 \sim 20\ \mu\text{s}$ ,字长为 4 位或 8 位,指令系统比较简单,软件主要采用机器语言或简单的汇编语言,机器的价格低廉。

#### 2. 第二代微型计算机(1974~1978 年)

1973 年出现了 N 沟道 MOS 集成电路,与 P 沟道 MOS 集成电路相比,它的工作速度与集成度都有显著提高。在这种条件下,出现了第二代微处理器和微型计算机。其间又可分为两个阶段:1973~1975 年为第一阶段,以 Intel 8080 和 Motorola MC 6800 为代表。与第一代微处理器相比,其集成度提高 1~2 倍(Intel 8080 的集成度为 4900 个晶体管/片),运算速度提高一个数量级;1976~1978 年为第二个阶段,以 Zilog Z80 和 Intel 8085 为代表,集成度和运行速度都比第一阶段的微处理器提高了一倍以上(Intel 8085 的集成度为 9000 个晶体管/片)。到这一时期,微处理器的设计和生产技术已相当成熟。

总的来说,第二代微型机的特点是:采用 NMOS 电路、集成度达 5000 个晶体管/片以上、时钟频率达 2~4 MHz、平均指令执行时间为  $1 \sim 2\ \mu\text{s}$ 、指令系统比较完善、寻址能力进一步增强。在软件方面,除采用汇编语言外,还配有 BASIC, FORTRAN 等高级语言及相应的解释程序和编译程序,并在后期配备了操作系统,如适用于以 8085A/Z80 为 CPU、带有磁盘和各种外



设的微机操作系统 CP/M。

### 3. 第三代微型计算机(1978~1984年)

随着超大规模集成电路技术的成熟,1978年出现了16位微处理器,标志着微处理器的发展进入了第三代。由于它采用了HMOS(High performance MOS)工艺,可把2.9万个晶体管集成在 $32.9\text{ mm}^2$ 的芯片上,使微处理器的性能比第二代提高了近10倍。这期间具有代表性的产品有Intel 8086/8088,Zilog Z8000,Motorola MC 68000等。这些微处理器的时钟频率达4~8 MHz、平均指令执行时间为 $0.5\ \mu\text{s}$ 、集成度为2~6万个晶体管/片。它们有很强的寻址能力,较宽的数据通路,能支持多级中断系统、多种数据处理形式、段式寄存器结构、乘除法运算硬件,能执行数据处理、科学计算和各种应用程序,并支持多处理器系统和分布式处理系统。其性能可以和以前的中档小型计算机相媲美。

由16位微处理器构成的计算机称为第三代微型计算机,也有人称其为第一代超大规模集成电路的微型计算机。

### 4. 第四代微型计算机(1985~1992年)

1980年以后,超大规模集成电路技术进一步发展,随之出现了32位的高性能微处理器,集成度达每片32万个晶体管以上,它们拥有巨大的地址空间,内装高速缓冲存储器(cache)和存储管理单元(Memory Management Unit),支持虚拟存储和多种高级语言。典型产品有Intel 80386/80486,Motorola MC 68020/68040,Zilog Z80000等。其中Intel 80386的集成度达32万个晶体管/片,Intel 80486则达120万个晶体管/片。

由32位微处理器构成的微型计算机称为第四代微型计算机,也有人称其为超级微型机,其性能可以相当于或超过70年代的大、中型计算机。

### 5. 最新高性能微处理器及微型计算机(第五代微型计算机)

1993年Intel公司正式推出奔腾(Pentium)微处理器,随之各种以Pentium为CPU的微型计算机纷纷出现在市场上。与此同时,由IBM,Motorola,Apple三家公司联合研制的一种全新的RISC(精简指令集)微处理器Power PC出现了,其性能大大超过了同级的Pentium。此后,Intel公司加紧研制P6和P7。另外,其他高性能的微处理器也纷纷推出,如DEC Alpha 21164、HP PA-8000、SUN Ultra Sparc等,芯片上集成的晶体管数目达500万~930万、时钟频率达150~300 MHz。直至目前,更高性能的微处理器及微型计算机还在不断推出。

## 1.4 微型计算机的特点与分类

微型计算机独有的特点使其更容易推广应用,为了适应不同的需求,又可分为许多类型。衡量微型计算机的指标有许多,主要包括字长、主存容量、运算速度、主频率、平均无故障运行时间、性能价格比等。

### 1.4.1 微型计算机的主要特点

微型计算机具有一般计算机的特性,如工作速度快、计算精度高、具有记忆功能以及能在程序控制下自动工作等。除此之外,微型计算机还具有一般计算机无法比拟的独特优点。

#### 1. 体积小、重量轻、功耗低

由于采用大规模和超大规模集成电路,使微型计算机所含器件数目和体积大为缩小。一