

计算机组成原理

(第二版)

李文兵 编著



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



计算机组成原理

(第二版)

李文兵 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是计算机及其相关专业的大专系列教材之一,也可用于大本教材。全书按基础、组成、系统三个层次介绍了计算机组成原理。基础部分的内容包括概述、常用进位制、机器数的表示、机器数的运算方法、编码与代码校验、逻辑代数与逻辑门、组合逻辑电路的解析与设计;组成部分包括基本器件、主存储器、运算器、指令系统、控制器;系统部分包括存储体系结构、外部设备、主机与外设的数据传送方式。

本书内容充实、重点突出、深入浅出、通俗易懂、例题丰富、图文并茂,每章后都附有练习题。

本书适宜作计算机及其相关专业的计算机组成原理课的教材,也适用于师范类院校、电视大学、高等职业技术大学、高等教育自学考试的计算机(组成)原理课的教材,还可以作为软件水平考试的硬件辅导教材。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: 计算机组成原理(第二版)

作 者: 李文兵 编著

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 北京通州区大中印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 **印张:** 22.75 **字数:** 519 千字

版 次: 2002 年 6 月第 2 版 2002 年 7 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04943-2/TP·2781

印 数: 6001~11000

定 价: 26.00 元

第一版前言

为了适应我国国民经济飞速发展的需要,计算机大专这个层次的人才的需求量在急剧增加。为提高大专的教学质量,根据作者长期教授计算机原理这门课的经验,特意为计算机专业大专班的计算机(组成)原理课,编著了《计算机组成原理》这本大专教材。

计算机原理是计算机专业基础课。本书可作为大专层次(包括计算机、自动化、电子、机械、精仪以及各类管理专业)的计算机原理课的教材。通过本课程的学习,使学生掌握一定的计算机硬件基础知识,为学习专业课或相关课,为毕业后所从事的工作,打下既有一定的知识面,又有一定的专业深度的计算机应用基础。

计算机原理教材是根据具体机型来写,还是脱开具体机型来写,历来存在着两种看法、两种写法。可以说,两种写法各有千秋。考虑到如下因素:

- ① 计算机硬件及其技术发展迅猛,就具体机型来写,不易博采诸家之长;
- ② 就具体机型来写,容易使该课成为具体机型的硬件系统分析课,不能体现该课的专业基础性的特点;
- ③ 计算机硬件技术发展至今,日臻完备,已具备脱开具体机型而写的硬件条件。

作者充分利用了计算机硬件发展成果,采取了脱开具体机型的写法。本书反映了当代计算机硬件发展的先进技术与成果。

本书由李文兵编写了第2,3,4,5,8,10,11章;孙振寰编写了第1章;张凤珊编写了第6章,朱维仲编写了第7章;桂建勋编写了第9章;鲍云松编写了第12章;苏枫编写了第13章。全书由李文兵统稿。

感谢李大友教授对书稿进行了认真详尽的审阅并提出了宝贵的修改意见。

由于时间紧迫,教学条件及作者水平所限,错误和不妥之处在所难免,欢迎专家及广大师生提出宝贵意见。

李文兵

1996. 7. 12 于天津

第二版前言

为了使广大读者更好地学习“计算机组成原理”这门课,我们先后编写、出版了《计算机组成原理》(第二版)和《计算机组成原理题解与实验指导》。这两本教材如果能够与即将出版的《计算机组成原理 CAI》配合使用,就会取得更好的教学效果。

《计算机组成原理》(第二版)增加了逻辑代数与逻辑门和组合逻辑电路的解析与设计两章,主要是为在学习本课前没有学习数字逻辑电路知识的学生设置的。对于具有数字逻辑电路知识的学生,这两章可以跳过。本书还增加了一些提高内容,这部分内容均在章节或标题前面标以“*”号,各学校可根据情况选学。

其他内容的修订基本遵循如下三条原则:

- (1) 尽量参照计算机发展的新技术、新产品以及新概念;
- (2) 尽量把学生想弄明白的问题交待清楚;
- (3) 尽量让学生把该课的主要内容、重点问题掌握住,为此,第二版又增加了一些相应的练习。

根据作者的教学体会,以本书作为教材,讲课安排 76~80 学时,实验安排 24~27 学时比较合适。

参加本书第二版修订工作的有:孙振寰负责第 1 章;李海迎负责第 6 章;张凤珊负责第 8 章;朱维仲负责第 9 章;桂建勋负责第 11 章;王玉华、鲍云松负责第 14 章;李海恩、苏枫负责第 15 章;其余章由李文兵负责。全书由李文兵统编。

感谢清华大学出版社对出版本书第二版的支持,感谢对本书提出鼓励和建议的学者与读者,并希望专家、学者以及广大读者对第二版提出宝贵意见和建议。

李文兵

2001.5 于天津

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 计算机硬件与软件	1
1.2 数字计算机的组成	3
1.3 微型计算机	8
1.4 计算机主要技术指标	12
1.5 计算机发展简史	14
练习题	15
第 2 章 计算机常用进位制	18
2.1 进位制	18
2.2 常用进位制间的转换	22
练习题	27
第 3 章 机器数的表示	28
3.1 机器数的特点	28
3.2 定点数的原码、反码和补码	32
3.3 变形码、移码和浮点数表示	36
3.4 机器数表示形式的变换	41
练习题	46
第 4 章 机器数的运算方法	49
4.1 定点加减运算	49
4.2 定点原码乘法	52
4.3 定点补码乘法	54
4.4 定点原码除法	58
4.5 定点补码除法	62
4.6 浮点运算和逻辑运算	66
练习题	69
第 5 章 编码与代码校验	71
5.1 十进制数的编码	71
5.2 BCD 码的存储方式	74
5.3 字符和汉字的编码	75

5.4 代码校验方法	82
练习题	89
第 6 章 逻辑代数与逻辑门	91
6.1 逻辑代数的基本运算与基本逻辑门	91
6.2 常用逻辑门	94
6.3 逻辑代数的公式和变换规则	98
6.4 逻辑函数及其定理	100
6.5 逻辑函数的表示形式及其相互转换	104
6.6 逻辑函数的简化方法	110
练习题	117
第 7 章 组合逻辑电路的解析与设计	119
7.1 组合逻辑电路的解析与设计	119
7.2 具有任意项的组合逻辑电路	123
7.3 具有多个输出端的组合逻辑电路	127
练习题	130
第 8 章 计算机基本器件	132
8.1 触发器	132
8.2 寄存器	138
8.3 计数器	143
8.4 编码器和译码器	149
8.5 总线原理及三态门	152
8.6 总线标准的发展	156
8.7 总线缓冲器与总线控制器	163
8.8 时钟发生器	167
练习题	170
第 9 章 主存储器	171
9.1 存储器概述	171
9.2 静态读写存储器	175
9.3 静态 RAM 的组成	180
9.4 动态读写存储器	184
9.5 只读存储器	190
9.6 相联存储器	200
练习题	202

第 10 章 运算器	204
10.1 加法器.....	204
10.2 算术逻辑运算部件.....	207
10.3 定点运算器.....	211
10.4 浮点运算器.....	219
10.5 重叠寄存器窗口技术.....	225
练习题.....	229
 第 11 章 指令系统	 230
11.1 指令格式与寻址方式.....	230
11.2 指令的种类.....	236
11.3 指令执行方式.....	241
练习题.....	245
 第 12 章 控制器	 251
12.1 控制器和指令的执行.....	251
12.2 组合逻辑控制器.....	254
12.3 PLA 控制器	258
12.4 PAL 控制器	262
12.5 微程序控制器原理.....	270
12.6 微程序控制器设计和毫微程序设计原理.....	274
练习题.....	280
 第 13 章 存储体系结构	 282
13.1 主存的多体组织.....	282
13.2 高速缓冲存储器.....	286
13.3 虚拟存储器.....	290
练习题.....	295
 第 14 章 外部设备	 297
14.1 显示器.....	297
14.2 键盘.....	303
14.3 行式打印机.....	308
14.4 激光打印机和喷墨打印机.....	313
14.5 磁带存储器.....	316
14.6 磁盘存储器.....	320
14.7 光盘存储器.....	325
练习题.....	328

第 15 章 主机与外设的数据传送方式	332
15.1 程序查询方式.....	332
15.2 程序中断方式.....	336
15.3 DMA 方式	340
15.4 通道方式.....	346
练习题.....	350
参考文献.....	351

第 1 章 概 述

1.1 计算机硬件与软件

1. 什么是计算机硬件和软件

硬件和软件是论述计算机时经常遇到的术语。

硬件这个术语来自英文 Hardware,原意是指金属物品。因此,可以说,计算机硬件是指构成计算机的金属部分。广义来说,是组成计算机的装置的统称。这些装置包括中央处理器、存储装置和外部设备。

软件是计算机程序及其有关文档,也包括被版本化了的有关计算机的使用方法的信息。软件分为系统软件和应用软件两大类。系统软件包括操作系统、诊断程序、计算机语言处理程序等;应用软件包括厂家出售的通用软件 and 用户自己编写的应用程序。由这些软件所构成的软件系统,如图 1.1 所示。

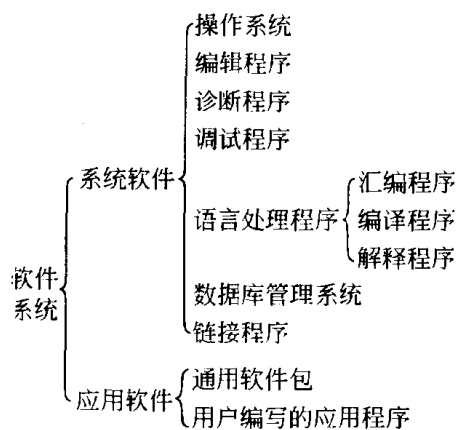


图 1.1 计算机软件系统的组成

在计算机里,常把一批信息(或是数据,或是程序)叫做文件。文件都有自己的文件名,是人为给命名的。使用某批信息,一般是根据它的文件名来索取。文件一般存储在内存、软磁盘、硬磁盘或光盘等存储器里。

因此,可以说,硬件是指计算机的裸机,软件是指硬件的使用或应用方法。

2. 计算机程序和语言

计算机程序是为了解决给定问题,计算机所要执行的指令或语句的集合。

指令是指指挥计算机完成特定操作的命令。一台计算机所能执行的全部指令,称为这台计算机的指令系统(instruction set)。计算机所能认识的指令叫机器语言,也叫机器码,用二进制表示。计算机所能认识的指令是指能直接指挥计算机硬件工作的命令,机器

语言由此而得名。

使用机器语言,编写程序、阅读程序,都非常困难。因此,目前一般不用机器语言编写的程序。为了提高编程、读程的效率,产生了用与机器语言相对应的符号(称做助记符)来编写的程序,称做符号语言。这种符号语言后来就发展成了汇编语言。因为机器不认识汇编语言,所以必须通过叫做汇编程序的软件把它转换为机器语言。其转换过程如图1.2所示。

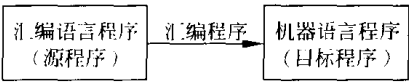


图 1.2 汇编语言转换成机器语言的过程

机器语言和汇编语言一样,同一个程序用在不同的机种计算机上就不可能认识,所以说,机器语言和汇编语言是面向机器的语言。对于这两种语言,只要改变机种,程序就必须重新编写,非常不便。因此,出现了不是针对具体机种的计算机语言——高级语言,如BASIC语言、ALGOL语言、FORTRAN语言、PASCAL语言、COBOL语言等。

用高级语言编写的程序,必须转换成机器语言才能执行。实现这种转换的程序是编译程序或解释程序。

编译程序又称编译系统,俗称编译器,其功能是把用高级语言编写的源程序翻译成称做目标程序的机器语言程序。

有的语言是以汇编语言作为中间输出,多数C编译程序如此。由C程序变成可执行的程序的过程如图1.3所示。C编译程序读C源程序并把它变成汇编语言;汇编程序再把汇编语言的中间输出变成机器语言,即目标程序;链接程序再把目标程序和存放在程序库里的有关信息链接装配在一起,最终产生可执行的程序。C编译程序也有不产生汇编语言中间输出的,但从便于了解编译程序工作情况这一点来看,汇编语言中间输出是必要的。

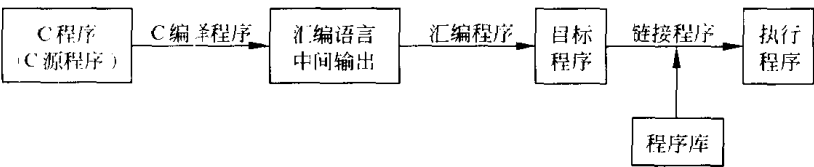


图 1.3 C源程序变成可执行程序的过程

解释程序又叫解释系统,其功能是对用高级语言编写的源程序逐句分析并立即执行。它与编译程序的区别是,它不是在程序执行前把整个程序先翻译成机器语言形式的目标程序,而是按语句的动态顺序逐句进行分析翻译,读一句,解释一句。如BASIC语言程序就可采用解释方式执行。

3. 操作系统

人们通常把计算机的硬件称做是硬资源,而把计算机的软件称做是软资源,统称为计

算机资源。人们又习惯把计算机资源分为四大类,即处理机(中央处理器)、存储器、外部设备和信息(程序和数据)。所谓操作系统就是管理这四类资源的一组程序,以便使计算机资源更有效地发挥作用。

4. 计算机系统层次结构

由计算机硬件和软件系统所组成的计算机系统,可用层次结构来表示,如图 1.4 所示。

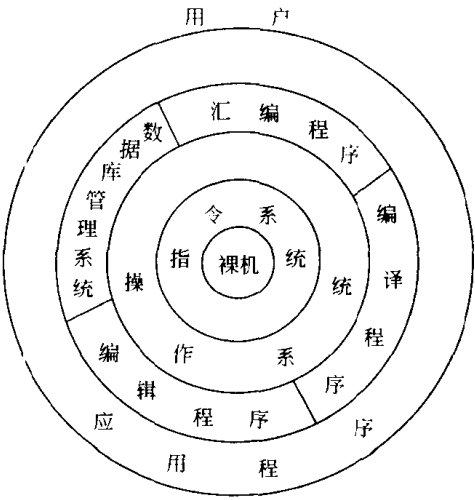


图 1.4 计算机系统的层次结构

从计算机系统层次结构来看,应明确三点:

① 指令系统是裸机与软件的接口;

② 计算机与其他电子设备不同:一般电器接上电源即可工作;而计算机如果没有软件支持,而只有裸机,尽管接上电源,也不能工作;

③ 操作系统是用户与计算机硬件的接口,是用户的工作平台。

1.2 数字计算机的组成

我们现在所使用的计算机主要是数字计算机,但计算机并非仅是数字计算机。计算机可分为数字计算机(digital computer)与模拟计算机(analog computer)两大类。

1. 数字计算机和模拟计算机

一般来说,表示数和量有两种方式。一是用数值表示的数字方式;二是用连续的物理量表示的模拟方式,分别称做计数型和相似型。用数字方式表示数的计算机称做数字计算机或数字型计算机,或数字式计算机。在数字计算机中,用脉冲的编码表示数字,根据脉冲编码进行计算。算盘可以看做是最原始的数字计算机。使用长度、电压、电流等模拟量进行计算的计算机叫做模拟计算机,或相似型计算机。计算尺可以看做是最简单的模拟计算机。计算尺用长度来表示数量,靠长度的增减进行计算。

数字计算机和模拟计算机的比较,如表 1.1 所示。

表 1.1 数字计算机和模拟计算机的比较

比较内容	数字计算机	模拟计算机
输入形式	编码(表示数值、文字)	物理量(长度、电压、电流等)
输出形式	编码(表示数字、文字、符号)	曲线
运算形式	四则运算(加法是基本) 逐次运算为原则	积分、四则运算(积分是基本) 并行运算为原则
编程	必要	基本不要
对象	通用	专用 解微分方程 模拟自动控制

用模拟计算机解微分方程,能并行运算,比数字计算机速度快,但因其精度和通用性都差,所以常用来作特殊用途的计算机。

2. 数字计算机的组成

一般来说,数字计算机由如下 5 部分组成:

- ① 记忆数据、指令的存储器;
- ② 执行算术、逻辑运算的运算器;
- ③ 分析指令、控制其他装置的控制单元;
- ④ 从外部输入信息的输入设备;
- ⑤ 把信息显示出来或记录下来的输出设备。

这 5 部分之间的关系,如图 1.5 所示。

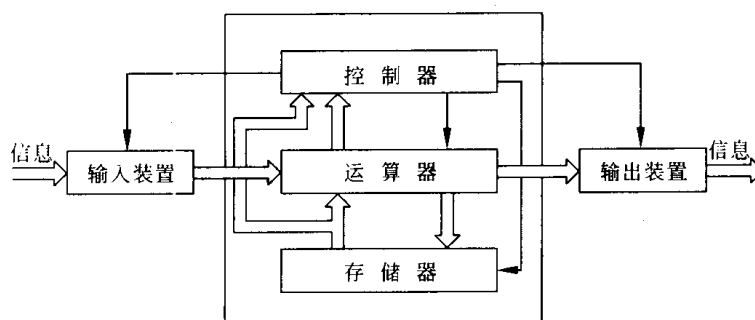


图 1.5 计算机组成(1)

输入设备和输出设备合称为输入输出设备,也可记作 I/O 设备。

该图所示的计算机结构是 1945 年由匈牙利出生的德国人约翰·冯·诺依曼(John Von Neumann)提出的,故人们把这种结构的计算机叫做冯·诺依曼机。该机有如下特点:

- (1) 采用二进制表示数据和指令。
- (2) 整个系统由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备 5 部分组成,以运算器

为中心,由控制器集中控制整个系统。

(3) 存储器线性编址,按址访问其单元,单元的位数固定。存储器用以存放指令和数据。

(4) 指令在存储器中按其执行顺序存储。指令由操作码和地址码组成,由程序计数器(program counter, PC)指明将要执行的下一条指令的地址。

可以说,诺依曼机奠定了现代计算机的结构。但是,在现代计算机里,这 5 部分并非独立存在的。随着微电子技术的飞速发展,现在的计算机产品一般是把控制器和运算器集成于一个芯片之中,叫做中央处理器(central processing unit, CPU)。现代计算机一般是由中央处理器、主存储器和外围装置(peripheral unit, PU)组成的。外围装置也叫外部设备,简称外设。外设是通过接口(Interface)或通道(Channel)与中央处理器连接的,如图 1.6 所示。

中央处理器加上主存储器,习惯上称做主机。主存储器之所以叫这个名字,是因为它在主机柜内或主机板上,也含有它是主要的、重要的存储器的意思,简称主存,也叫内存。外设是指输入输出设备和辅助存储器(也称外存),作为输入数据的键盘和作为输出数据的显示器连接在一起,再加上监控与管理程序,可作为独立的设备,习惯上称为终端。

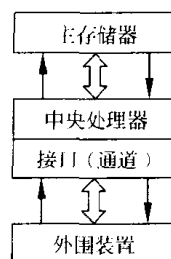


图 1.6 计算机组成(2)

3. 中央处理器的分类

这里,我们根据 CPU 的运算功能和制作技术,看一下 CPU 的分类。

(1) 定点机和浮点机 根据计算机的运算功能,人们把计算机分为两类。只能进行定点运算的计算机叫做定点机;而能进行浮点运算的计算机叫做浮点机。现代计算机一般都具有浮点运算功能,那么,现代计算机是如何实现浮点运算功能的呢?不外乎如下两种设计方法。

① 除 CPU 外,再增加一个专门进行浮点运算的协处理器(FPU)。在这种计算机里, CPU 只能做定点运算;而浮点运算要在 FPU 中进行。这类计算机如表 1.2 所示。

表 1.2 可带 FPU 的 PC 机

机 种	CPU	FPU
PC/XT	8088	8087
PC/AT	80286	80287
386 微机	80386	80387 或 80287

② 把浮点运算器集成到 CPU 中。在这种计算机中,只需要一片 CPU,就可进行浮点运算。这样的 CPU 有 80486 和 Pentium 系列。在 80486 芯片内部包含有增强型 80387,即 FPU。由于 FPU 的功能有所增强,且是在 80486 内部,引线缩短,内部总线加宽,致使其处理速度要比 80387 提高了 3~5 倍。在 Pentium 内包含有快速 FPU。该 FPU 共有 8 级流水线,其中前五级流水线是和整数操作相同,而后三级是专用的。该 FPU 与 486 的不同,是完全重新设计的,对于常用的浮点加法、浮点乘法和浮点数装入操

作,要比 486 的快 10 倍。

(2) 组合逻辑控制和微程序控制 计算机执行指令的原理是,把每条指令分解为若干个基本操作(也叫微操作),执行某条指令就是产生相应的微操作控制信号。而每个微操作控制信号又控制相应门的打开或关闭,以完成该指令所需要的信息传送。由此可见,计算机执行指令的过程,就是生成微操作控制信号序列的过程。

微操作控制信号序列是在控制器内通过对指令的分析,在时标信号的作用下产生的。根据产生微操作控制信号的原理的不同,控制器分为组合逻辑控制器和微程序控制器。

① 组合逻辑控制器 其设计思路是,首先分析每条指令,把每条指令分解为若干个基本操作(即微操作),根据微操作的先后顺序画出指令流程图;其次,把指令流程图中的微操作落实到指令周期的不同节拍中去,通常把这一工作叫做编排操作时间表;最后,对全部指令的操作时间表进行综合分析,列出每个微操作产生条件的逻辑表达式,并根据逻辑表达式画出微操作控制线路。这个微操作控制线路就是组合逻辑控制器中具体产生微操作控制信号的部件。

② 微程序控制器 其设计思想是,对应每一个微操作有一个微命令,也就是说,一条微命令能命令计算机的执行部件完成一项微操作。由若干个微命令组成一条微指令。微指令的格式如下所示:

微操作控制部分	顺序控制部分
---------	--------

其中微操作控制部分是若干微命令的集合;顺序控制部分用来决定下一条微指令的地址。把若干条微指令有序地组合起来构成微程序。把这些微程序存放在叫做控制存储器的只读存储器中。每条机器指令对应有一段微程序。从相应的微程序入口地址,开始读并执行一段微程序,便完成相应的机器指令功能。

微程序控制器克服了组合逻辑控制器设计繁琐、难以修改、维护困难等缺点;但其速度,因受控制存储器限制,不如组合逻辑控制器快。因此,尽管其设计思想早在 1950 年初就提出来了,但直到 60 年代出现了高速只读存储器后,才进入实用化的发展阶段。

使用组合逻辑控制器的计算机叫组合逻辑控制计算机,也称硬布线计算机;使用微程序控制器的计算机叫微程序控制计算机,也称微码控制计算机。

(3) CISC 技术和 RISC 技术 根据 CPU 所采用的技术,计算机分为 CISC 计算机和 RISC 计算机。

① CISC 计算机(complex instruction set computer) 它是大规模集成电路(VLSI)发展的产物。随着 VLSI 的发展,硬件成本不断下降。为增加计算机的功能,以及缩小指令系统与高级语言之间的差异,以便于高级语言的编译和降低软件开发成本,于是便产生了以增加指令条数和指令的复杂性为手段,旨在增加计算机的功能的复杂指令系统计算机(CISC)。其典型处理机产品如表 1.3 所示。

表 1.3 典型的 CISC 处理机产品

性 能	Intel i486	Motorola MC68040	NS32532
指令条数	157(32 位)	113(32 位)	63(32 位)
寻址方式(种)	12	18	9
ALU 字长	32	32	32
通用寄存器(个数)	8	16	8
cache 容量(KB)	8(指令和数据)	4(指令)+4(数据)	0.5(指令)+1(数据)
浮点部件	片内有加法器、乘法器、移位器和 8 个 FP 寄存器	片内有 3 个流水线段, 8 个 80 位 FP 寄存器	片外的 FPU: NS32381 或 WTL3164
流水线段	5	6	4
存储器组织	段页式, 每页 4KB, TLB 有 32 个入口	页式, 每页 4~8KB, 每个 ATC 有 64 个入口	页式, 每页 4KB, 64 个入口
工艺(μm)	CHMOS	0.8	1.25
时钟频率(MHz)	25/33	20/40	30
晶体管(个数)	1.2M	1.2M	370k
引脚	168	179	175
推出年份	1989	1990	1987

② RISC 计算机(reduced instruction set computer) 由于 CISC 计算机其指令系统庞杂,研制周期长,难以保证其正确性,且调试和维护都很困难,运行速度受到影响。于是,1975 年,IBM 公司便开始探讨指令系统的合理性问题,旨在提高计算机性能,突出问题是提高运行速度。这时,该公司的 John Cocke 提出了精简指令系统的想法。1982 年,加州伯克莱大学、斯坦福大学、IBM 公司均研制出精简指令系统计算机的样机。1983 年,RISC 计算机就商品化了,典型处理机产品如表 1.4 所示。

由于 RISC 机是在 CISC 机的技术基础上发展起来的,况且产品化的 RISC 机也不过是发展中的 RISC 技术的产品,因此,可以说,RISC 机与 CISC 机是相对而言。RISC 机目前尚无严格定义。不过,纵观 RISC 机的发展,可以看出 RISC 机具有如下一些特点。

① 硬件结构上:

a. CPU 中通用寄存器的数目相当多,多于 32 个。有些 RISC 机如 Sun 公司的 SPARC 机,利用物理上的寄存器组,采用重叠寄存器窗口技术,减少了保护断点、现场的时间,大大提高了计算机性能。

b. 采用 cache—主存—外存三级存储体系结构;

c. 采用流水线组织。第三代 RISC 机采用了超标量流水线或超流水线技术,还有的采用超标量超流水线技术。

d. 采用组合逻辑控制器。

② 指令特点:

a. 指令少;

b. 指令简单,表现在长度固定,格式少,寻址方式简单;

c. 只有取数和存数两条指令能访问存储器;

d. 执行时间短,大部分指令在一个机器周期内即可完成。

③ 采用优化编译程序,有效地支持高级语言。RISC 机的流水线结构是编程可见的,编译程序能正确处理流水线的调度。

表 1.4 典型的 RISC 处理机产品

性 能	Sun SPARC CY7C601	Intel i850	Motorola MC88100	AMD29000
指令条数	69(32 位)	82(32 位)	51(3 种格式)	112(32 位)
寻址方式	7 种数据类型	4 种	4 种	全部寄存器 间接寻址
整型部件(位)	32	32	32	32
通用寄存器	136 个,分 8 个窗口	32 个	32 个	192 个
cache 与 MMU	片外	4KB 指令 cache 8KB 数据 cache 片内 MMU	片外 cache 与 MMU(MC88200)	片内 MMU
存储器 组织	TLB 有 64 项	页式,每页 4KB	段页式	TLB 有 322 页 512B 转换 目标 cache
浮点部件	片外 FPU	片内 64 位 FP 乘法 器,带 32 个 FP 寄存 器的 FP 加法器、3D 图形部件	片内 FPU 加法器带 32 个 FP 寄存器的 乘法器和 64 位的算 术部件	片外 (AMD29027) AMD29050 有 片内 FPU)
执行方式	并发 IU 和 FPU 操作	允许双指令及双 FP 操作	并发 IU、FPU 和延迟 转移和存储器存取	4 段流水线
工艺	0.8 μ mCMOSIV	1 μ mCHMOSIV 超过 1M 个晶体管	1 μ mHCMOS 1.2M 个晶体管	1.2 μ mCMOS
时钟频率(MHz)	33	40	20	30/40
引脚	207	168	180	169
推出年份	1989	1989	1988	1988

1.3 微型计算机

现在,微型计算机用户之多,是任何机种都无法比拟的。因此,这里有必要介绍一下微型计算机的有关概念和情况。

1. 微处理器、微型计算机和微型计算机系统

(1) 微处理器(μ p) 微处理器本身不是计算机,它是微型计算机的控制和处理部分,主要由算术逻辑运算部件、寄存器组、时序部件和控制部件,再加上连接这几部分的内部总线组成。一般来说,微处理器本身可以直接用作微型计算机的中央处理器(CPU);但有的微处理器要外加时钟发生器和系统控制电路才能作为微型计算机的 CPU,如微处理