

第一章 微型计算机基础

第一节 微型计算机发展概况

计算机是一种自动、高速、精确地进行信息处理的现代化电子设备。自从 1946 年第一台计算机诞生至今仅 50 多年,计算机已经由电子管时代、晶体管时代、中小规模集成电路时代发展到大规模、超大规模集成电路时代。现正在向第五代计算机发展。从 70 年代初,由大规模集成电路组成的微型计算机问世,到现在仅 30 年左右时间,微处理器已经推出了四代产品,四位微处理器,八位微处理器,16 位微处理器和 32 位以上微处理器。在微型计算机发展过程中,最成功也最具有影响力的是 IBM PC 系列微机,又称 PC 机(PERSONAL COMPUTER)。1982 年,IBM 公司推出了以 Intel 8086 CPU 为处理器的 IBM PC 机。1983 年又推出了采用 Intel 8088 CPU 为处理器的 IBM PC/XT。这两种机型的内存为 1MB,支持单任务的操作系统。1984 年,以 Intel 80286 为 CPU 的 16 位增强型 PC 机 IBM PC/AT 上市,其内存可达到 8MB 并支持多任务多用户操作系统。继 IBM PC/AT 之后,Intel 公司推出了 32 位微处理器 80386 和 80486 由 80386 和 80486 CPU 构成的 PC/386 和 PC/486 内存物理地址空间可达 4GB 支持多任务多用户操作系统,并增加了高速缓冲存储器 Cache。486 以后的 CPU 名称上改为奔腾(Pentium)系列,Pentium 586 简称 P5 也称 586 其字长已达到 64 位,运算速度和功能性能比 PC/486 机又有很大提高。

在微型机硬件发展的同时,软件系统也得到了迅速的发展。以操作系统为例,PC 机最初使用的是 DOS 操作系统。随着 PC 机的升级,DOS 操作系统已由开始的 DOS 1.0 版本升级到 DOS 6.2 版本。DOS 操作系统虽然有很大的改进,但它仍是一种采用命令行接口的单任务、单用户操作系统。和 DOS 操作系统相比,MS Windows 操作系统有更大的优越性。MS Windows 提供了一个具有图形功能的用户界面操作环境,使用户使用更方便,因此得到了广泛的应用。MS Windows 也由 Windows 3.1 发展到 Windows 95,Windows NT 和 Windows 98。

在微机家族中,单片微机的发展同样引人注目。单片机是把 CPU、一定容量的存储器和 I/O 接口电路集成到一片芯片上,构成具有计算机完整功能的一种微机。单片机的字长已由 4 位、8 位发展到目前的 16 位,存储器可以扩充到 64KB,有的还含有 ADC 和 DAC 并且有功能很强的指令系统。单片机在工业控制和智能仪表中得到广泛的应用。

第二节 微型计算机的硬件结构

虽然微型计算机发展迅速,但至今为止微机的硬件体系结构仍采用冯·诺依曼建立的经典结构。这种结构的主要特点是:微型计算机系统的硬件由五大部分组成,如图 1.1 所示。这五部分是:运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。其中运算器和控制器合称微处理器 MPU 或 CPU)。输入/输出设备由多个 I/O 接口和外部设备组成。微机的各组成部分通过总线连接起来。总线包括地址总线 AB(ADDRESS BUS)、数据总线 DB(DATA BUS)和控制总

线 CB(CONTROL BUS)。我们将微型计算机的这种系统结构称为三总线结构，简称为总线结构。

微处理器 (MPU) 是微机的核心部分,MPU 中的运算器用于对信息进行处理和运算;控制器根据程序的要求发出各种控制命令,协调各部件之间的工作。存储器的作用是存储程序、数据和运算的结果。输入和输出设备用于微机与外部交换信息。

总线是一组导线,用于上述各部分之间的信息传输。数据总线 DB 用来传送数据信息,由于数据信息可在 MPU 和存储器、I/O 设备之间相互传送,故为双向总线。地址总线 AB 用于传送 MPU 发出的地址信息,是单向总线。微机中存储单元和 I/O 设备都有地址,在交换信息前,MPU 先通过传送地址信息找寻所需交换信息的存储器和 I/O 设备,然后经数据总线进行信息的交换。控制总线 CB 用来传送控制信号、时序信号和状态信号,由于有的信号由 MPU 发向存储器和 I/O 设备,有的信号由存储器和 I/O 设备发向 MPU,故控制总线从整体上看是双向的。

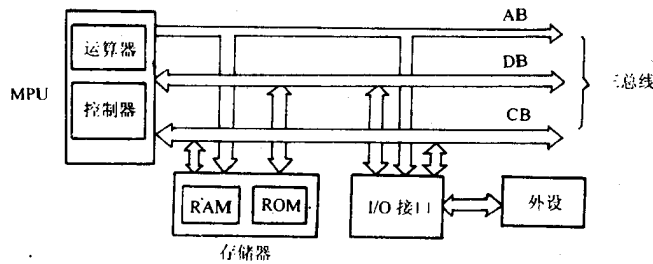


图 1.1 微型计算机结构框图

第三节 微型计算机的运算基础

一、进位计数制

进位计数制是最常用的数值表示方法,一个数由一定数目的数码排列在一起组成,每个数码的位置规定了该数码所具有的数值——权 该位置称为数位 数码的个数称为基值。该计数制又称为以基值为进位的计数制,数位的权是基值的幂,运算中,某一数位累计到基值以后向高数位进一,高数位的一,相当于低数位的基值大小,日常生活中,常见的计数制基值如十进制、八进制、十六进制、二进制等。基值为 r 的数值 N 的表示方法为:

$$N = (d_{n-1}d_{n-2}\cdots d_1d_0d_{-1}\cdots d_{-m})_r \quad (2.1.1)$$

或

$$\begin{aligned} N &= d_{n-1}r^{n-1} + d_{n-2}r^{n-2} + \cdots + d_1r^1 + d_0r^0 + d_{-1}r^{-1} + \cdots + d_{-m}r^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} d_i r^i \end{aligned} \quad (2.1.2)$$

式中 m, n 是正整数 n 为整数的位数 m 为小数的位数 d_i 是 r 个数码 $0, 1, \cdots, (r-1)$ 中的任意一个。 r^i 为数位 i 的权。

1. 十进制

十进制数码为 $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ 之一 权为 10 的幂 逢十进一 借一当十。例如:

$$(245.25)_{10} = 2 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

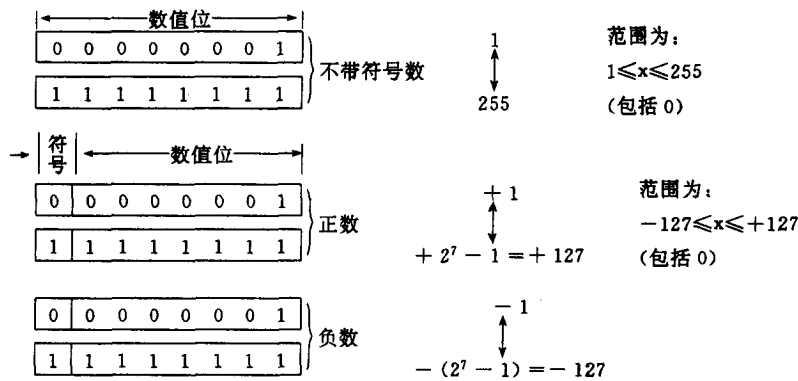


图 1.2 带符号整数与不带符号整数的区别

(三) 定点与浮点表示

在计算机中，对小数点的处理有两种，分别称为定点数和浮点数，下面作简单介绍：

1. 定点数

定点数是指小数点位置固定不变。常用的定点数有下列两种：

纯小数：小数点固定在符号位之后，如 1.1010111。此时机器中所有数均为小数。

纯整数：小数点固定在最低位之后，如 11010111。此时机器中所有数均为整数。

机器字长为 8 位的带符号数，整数与小数表示范围如图 1.3 所示。

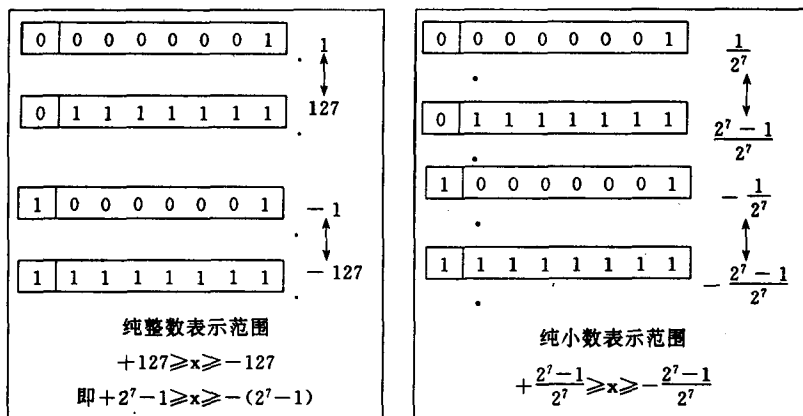


图 1.3 八位带符号整数与小数比较

2. 浮点数

浮点数由阶码和尾数两部分组成。对任意一个带符号的二进制数 N 的普遍形式可表示为

$$N = \pm S \times 2^{\pm J}$$

S ——二进制小数 称尾数 (尾符包括在内)；

J ——数的阶码 二进制整数表示 (阶符包括在内)；

2——阶码的底。

一个浮点数 $-0.101011010 \times 2^{-00010}$ 的表示形式如图 1.4 所示。

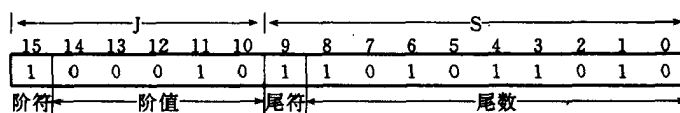


图 1.4 浮点数表示

在浮点数表示中，阶码和尾数的符号同样以“0”表示正，“1”表负。因此一个数要两组数码表示，其中一组表示带符号的阶码。阶的正负实际上指出了数的小数点的实际位置，当阶码是正 n 阶时，数 N 的实际小数点位置是尾数小数点向右移 n 位；当阶码是负 n 阶时，则尾数小数点向左移 n 位。尾数的正负表示整个数 N 的正负。

可以看出，尾数位数（有效数字位）的多少表示数的精度，位数越多，精度越高。阶码位数多少表示了机器能表示的数的范围，位数越多，范围越大，例如 3 位数的范围为 $2^{-7} \sim 2^{+7}$ ，4 位数的阶码范围则为 $2^{-15} \sim 2^{+15}$ （不包含阶符值）。

3. 规格化数与“溢出”

为了提高浮点数的表示精度，数采用规格化表示法。

规格化数：如果尾数的第一位有效数字是 1 时，该数即是规格化的数。例如 1.1010111、0.1010001、0.1000000。

非规格化数：当尾数的第一位有效数字是 0 时，例如 .1.0100000、1.0111111、0.0111111 等等，该数即为非规格化的数。

即当 $\frac{1}{2} \leq S < 1$ 时为已规格化的数。显然只要移动浮点数的小数点，改变阶码，即可实现对数的规格化。

当超出机器可能表示数的范围时，我们称为“溢出”。对规格化的浮点数，若阶码超出机器所能表示的最小数时，称为“下溢”，此时机器将把此数作“0”处理；若阶码超出机器所能表示的最大的绝对值时，称为“上溢”，机器要停止运算，进行处理。

三、数的编码方法

计算机采用的是二进制数，因此，在计算机中表示的数、字母、符号等都以特定的二进制码来表示，这就是二进制编码，即以若干位二进制位的不同组合来表示一组数、字母及符号的方法。

（一）BCD——十进制数的二进制编码

BCD 码是以四位二进制的不同组合表示十进制数十个数码的方法。

常用的 BCD 码为 8421 BCD 码，即每位 10 进制数码用四位二进制数来表示，四位二进制数从高到低的权值分别为 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 ，即 8421，由于它们与二进制数位权一样，故又称为自然的 BCD 码（NBCD）如表 1.1。

表 1.1 NBCD 码表示

| 十进制数 | 8421 BCD | 十进制数 | 8421 BCD |
|------|----------|------|-----------|
| 0 | 0000 | 10 | 0001 0000 |
| 1 | 0001 | 12 | 0001 0010 |
| 2 | 0010 | 13 | 0001 0011 |
| 3 | 0011 | 24 | 0010 0100 |
| 4 | 0100 | 25 | 0010 0101 |
| 5 | 0101 | 26 | 0010 0110 |
| 6 | 0110 | 47 | 0100 0111 |
| 7 | 0111 | 48 | 0100 1000 |
| 8 | 1000 | 49 | 0100 1001 |
| 9 | 1001 | 50 | 0101 0000 |

BCD 码的用途：

在以二进制工作的机器内，数从十进制到二进制或从二进制到十进制转换时，BCD 码用作中间表示。

它可以表示数，并可在计算机内进行直接运算。

(二) ASC I 码

ASC I 码(American Standard Code for Information Interchange) 又称美国信息交换标准码 是 7 位二进制编码。它总共可表示 128 个符号 包括 26 个英文大写字母 ,26 个英文小写字母 ,0~9 共 10 个数字 ,32 个通用控制字符和 34 个专用字符, 见附录 A。查附录 A 可看到字母 B 的 ASC I 码为 $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1=1000010$ 若用 16 进制表示 则 B 的 ASC I 码为 42H。同理 \$ 符号的 ASC I 码为 0100100,24H 。常用英文大写字母 A~Z 的 ASC I 码为 41H~5AH。小写英文字母 a~z 的 ASC I 码为 61H~7AH。

ASC I 码表中有一些符号是作为计算机控制字符使用的，这些控制符号有专门用途。例如 回车符 CR 的 ACS I 码为 ODH 换行符 LF 的 ASC I 码为 OAH。

(三) 汉字编码

我国是使用汉字的国家，要在我国推广使用计算机，汉字的使用和处理成为十分重要的问题。1981 年公布的国家标准《信息交换用汉字编码》(GB2312—80 规定了汉字的编码 即国际码。该标准编码字符集共收录汉字 6763 个 其中一级汉字 3775 个 二级汉字 3008 个 另外还定义了 700 多个西文字母、数字和图形符号。

国际码中，每个汉字由两个字节表示，每个字节用 7 位二进制码 最高位为 0 例如：字符“大”的国际码为 00110100 01110011 两个字节。为了使汉字编码和常用的 ASC I 码相区别 汉字编码在机器内的表示与国际码不同，形成汉字的内码。一种机器常用若干种汉字输入方法，但其内码是统一的。通常内码由国际码的两个字节最高位置“1”构成的。如汉字“大”的内码为 10110100 11110011 即 B4H,F3H。

第四节 IBM PC 系列微机系统简介

PC 系列微机又称 80X86 或 X86 系列微机 是指以 Intel 公司的 CPU 系列芯片为微处理器的微机系统，包括 IBMPC、PC/XT,PC/AT,386、486、586 微机等。这类微机结构上大体相同 经过不断发展 其功能不断增强 性能不断提高。

PC 系列微机系统从外部看由主机箱、键盘、CRT 显示器和打印机等几个主要部分构成。其中主机箱是微机的核心部分。主机箱内包括：

- 主板 (Main board) 又称系统板、母板
- 显示适配器卡 (又称视频卡)
- 软、硬盘驱动器及其适配器卡
- 其它接口电路
- 电源

下面对各部分作一个简单介绍。

一、机箱结构型式

为了适应不同的环境和应用，有几种不同的机箱结构

1. 台式机箱，也叫卧式机箱。这种机箱目前最流行。主板平装在机箱的底部，磁盘和光盘驱动器装在右前部，电源装在右后部，各种扩展卡竖直地插在母板的扩展槽中，机箱上板可开启，显示器常放在机箱上方，以便节省空间。

2. 塔式机箱，也叫立式机箱。这种机箱更节省空间，机箱可立放在桌子下面的隔板上或地板上，主板放在机箱的壁上，扩展卡是水平插入母板内。为了修理或扩展方便，机箱的壁可拆卸。

3. 便携式。包括笔记本型、膝上型和掌上型三种。这种计算机体积很小，在商务中已得到广泛应用，可以随身携带，使用十分方便。

二、主板结构

主板是一块多层印刷电路板，上面集成了 CPU、存储器、系统时钟发生器、键盘适配器、开关、跳线器等电子器件及总线和总线扩展槽。主板按所配用的 CPU 不同分为 XT 主板、AT 主板、386 主板、486 主板和 Pentium 主板；按使用总线的不同可分为 ISA 总线主板、EISA 总线主板、VESA 局部总线和 PCI 局部总线主板等。有些 PC 机将软、硬件驱动适配器、显示器适配器和串行口、并行口也集成在主板上，构成一体化结构的主板，可提高主机的可靠性和稳定性。

三、常用 I/O 适配器

微型计算机的外设需要通过适配器（又叫控制器）才能与 CPU 进行数据交换。常用的适配器有显示器适配器、软/硬盘驱动适配器、打印机适配器和串行接口等。

1. 显示适配器

PC 机的显示能力与显示器和显示适配器有关，目前常用的显示适配器如下：

(1) EGA（增强图形适配器）这种显示适配器是 IBM 公司于 1984 年随 AT 机推出的一种功能较强的显示适配器。它具有较好的字符和图形显示质量。

(2) VGA（视频图形陈列适配器）这种显示适配器是 IBM 公司 1987 年推出的视频控制器卡。VGA 显示模式为模拟信号彩色显示器，具有丰富的色彩。它显示的字符和图形质量比 EGA 好。

(3) SVGA（超级视频图形陈列适配器）它比 VGA 功能更强 性能更好 可支持 1024 × 768 的显示分辨率。

2. 软/硬盘驱动器适配器

早期的软硬盘适配器功能单一，各自独立。发展到如今，已将软硬盘驱动器适配器集成在一起，成为多功能卡。目前使用较多的软硬盘接口卡除了有软硬盘适配器外，还集成了两个串行口，一个并行口和一个游戏口接口卡。与主板 I/O 扩展槽相对应，多功能卡也有许多种类。目前 PC 机大多采用 IDE 接口卡，采用的是 ISA 总线接口标准 具有体积小 芯线少（40 芯扁平电缆连接）多磁头、大容量、小型化硬盘的优点。另一种 SCSI 接口 通过 50 芯扁平电缆连接，可以同硬盘驱动器、光盘驱动器、打印机等多种外设连接，并通过命令与它们进行通信，故越来越多的被采用。

3. 其它接口电路

(1) 打印机适配器

打印机是重要的输出设备，通常连接在并行端口或 RS-232 串行口上。目前一般把打印机接口集成在多功能卡上。打印机接口可以有多个，DOS 操作系统称第一个打印机接口为 LPT1，其它依次为 LPT2 和 LPT3 等。

(2) 串行接口

串行口又称 RS—232 端口，用来连接打印机、Modem 和鼠标器等。目前串行口一般集成在多功能卡或者主板上。DOS 系统中有串行口 1(COM1) 和串行口 2(COM2)。DOS 3.3 以后的版本允许有 COM3 和 COM4，但它们的用途受到限制。

除上述接口电路外，486 微机系统中还常常配置一些其它的接口电路，以扩展系统的功能。为了节省空间，简化安装过程，提高系统的可靠性，常将不同的 I/O 适配器电路做在一块电路板上，构成特殊功能卡。例如网卡，扫描仪接口卡、多媒体功能卡等。

4. 电源

PC 的电源将 220V 交流电转换成 $\pm 5V$ ， $\pm 12V$ 四种 DC 电压。486 微机的电源台式机为 150~220W 立式机为 220~400W。电源中有风扇提供整个系统的冷却。电源应满足最低安全标准，不产生干扰 TV 或无线电接收的电磁辐射。

四、华硕 PVI-486SP3 主板简介

华硕 PVI-486SP3 主板布局图如图 1.5 所示。该主板是一块典型的 PCI 总线 486 主板，其特点如下：

1. 支持 486 全系列 CPU 以及 5X86 包括 Cyrix 5X86/100/133、AMD 5X86/133/P-75)

2. 带 4 个 16 位的 ISA 总线扩展槽和一个 VESA 总线扩展槽以及 3 个 PCI 总线扩展槽，可以使用 ISA、VESA、PCI 总线接口卡 适应性强。

3. 提供两个 72 线的 SIMM 内存条插座槽，可以使用容量为 1MB、2MB、4MB、8MB、16MB、32MB 或 64MB 的单/双面 SIMM 内存条 最多可以安装 128MB 的动态 RAM。要求安装的动态 RAM 的存取速度为 70ns 或更快 当安装两条存储条时 要求内存条的存取速度相同。

4. 主板上集成了 32 位局部总线的 EIDE 接口卡 包含软盘接口、硬盘接口及一并两串游戏接口电路。两个硬盘接口最多可以连接 4 个 IDE 接口硬盘或 CD-ROM 驱动器。

5. 可以安装 128KB、256KB 或 512KB 的 Cache。

6. 通过设置多条跳线可选择不同的 CPU、CPU 工作电压、CPU 的主频；显示模式、Cache 的容量等。

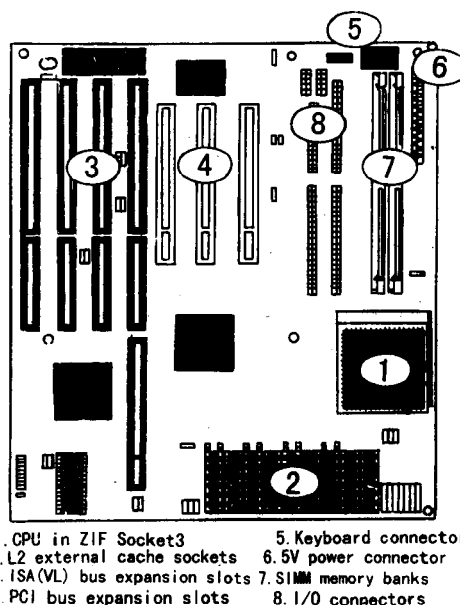


图 1.5 PVI-486SP3 主板元件布局图

第五节 微型计算机系统的主要性能指标

衡量微型计算机系统的性能好坏的主要技术指标有以下五个方面：

1. 字长

字长指计算机内部一次可以处理的二进制数的位数。字长越长，计算机所能表示的数据精

度越高，在完成同样精度的运算时数据的处理速度越高。但字长越长，机器中的通用寄存器、存储器、ALU 的位数和数据总线的位数都要增加，硬件代价增大。因此应考虑精度 / 速度和成本兼顾的原则，来决定微型计算机的字长。PC/XT 微机的字长为 16 位，486 微机的字长为 32 位，586 微机的字长为 64 位。

2. 存储器容量

存储器容量是衡量计算机存储二进制信息量大小的一个重要指标。微型计算机中通常以字节为单位表示存储容量。1024B 为 1KB,1024KB 为 1MB,1024MB 为 1GB。8086/8088 微机内存为 1MB。486/586 微机大多有 8~64MB 内存和几 GB 的外存容量。

3. 运算速度

计算机的运算速度以每秒钟能执行的指令条数来表示。由于不同类型的指令执行时所需时间长度不同，因而有几种不同的速度的计算方法。

(1)MIPS 百万条指令 / 秒 方法

根据不同类型指令出现的频度，乘上不同的系数，求得统计平均值，得到平均运算速度，用 MIPS 作单位衡量。

(2)最短指令法

以执行时间最短的指令（如传送指令、加法指令）为标准来计算速度。

(3)直接计算法

给出 CPU 的主频和每条指令的执行所需要的时钟周期，可以直接计算出每条指令的执行所需的时间。

4. 扩展能力

主要指计算机系统配置各种外设的可能性和适应性。一台计算机允许配接多少种外设，对计算机的功能有重大影响。

5. 软件配置情况

软件是计算机系统不可少的重要组成部分。一台计算机软件是否配置齐全，是关系到计算机性能的重要标志。

软件分为系统软件和应用软件两大类。为了使用和管理计算机的各种软件称为系统软件。计算机配置的基本系统软件，通常应包括操作系统，各种高级语言处理程序，编译系统，各种服务程序，数据库管理系统等软件。这些软件可为用户使用计算机提供方便，扩大机器功能，提高工作效率。

一个计算机系统是硬件和软件相结合的统一整体。用户应当根据自己的需要和应用的场合来配置微机系统的硬件和软件的种类和数量。确定微机系统配置的基本原则是满足使用的要求，并兼顾近期的发展的扩展需要。

第六节 当前微机中应用的先进计算机技术

微型计算机发展至今，已成为性能价格比很高的超级微型机（Super Micro Computer）。当前微型计算机采用了许多先进的计算机技术，下面作一个简要的介绍。

一、流水线技术

流水线（Pipeline）技术是一种将每条指令分解为多步，并使不同指令的各步重叠操作，以

实现几条指令并行操作，加速程序的执行速度的一种技术。

采用流水线技术后，并没有加速单条指令的执行，每条指令的操作步骤也没有减少，只是多条指令同时执行，因而从总体上看加快了指令执行的速度。

80486 采用六级流水线结构，即同时有六条指令并行操作。若每条指令需要六个步骤，每个步骤需要一个时钟周期的时间，那末经过六个时钟后，每个时钟就有一条指令执行完毕。

流水线的实现是通过增加计算机硬件来实现的。通常一条指令的执行分为预取指令、译码、地址生成、取操作数、执行指令等多个步骤，每个步骤都需要有相应的硬件电路支持，才能实现流水线作业。

二、高速缓冲存储器技术

在 386 以后的微型机中，为了加快运算速度，都增设一级或二级的高速小容量存储器，称之为高速缓冲存储器 (Cache)。高速缓冲存储器的存取速度比微机中的主存储器要快一个数量级，大体和 CPU 的处理速度相当。

由于程序中相关数据块一般都按顺序存放，并且大都存于相邻的存储单元，而程序常常重复使用同一代码和数据块，利用程序执行的这些重要特征，可采用 Cache 保存这些经常重复使用或当前将要使用的指令和数据。CPU 在对一条指令或操作数寻址时，首先到 Cache 中去查找，在一般正常情况下，CPU 对 Cache 的存取命中率可达 95% 以上，从而大大提高了程序的执行速度。

Cache 技术和设计是一个复杂的课题，一般说 Cache 容量大，有较高的命中率则说明系统的性能较好。

Cache 和与它配合的高速缓冲控制器都由硬件实现，80486 中将 Cache 和高速缓冲控制器 82385 集成在 CPU 芯片中，因此对用户说是透明的，不需要用户自己去控制或操作。

三、虚拟存储器技术

虚拟存储技术是在内存储器和外存储器（软盘、硬盘或光盘）之间增加一定的硬件和软件支持，使内存和外存形成一个有机的整体。操作时，将程序预先放在外存储器中，由系统软件（操作系统）统一管理和调度，按某种置换算法将外存的内容依次调入内存中被 CPU 执行。这样，对使用者说，从 CPU 看到的是一个速度接近内存而容量却与外存相当的假想存储器，称为虚拟存储器，使编程人员在编写程序时可以不考虑内存容量的限制。在采用虚拟存储器的计算机系统中，存在着虚地址空间和实地址空间两个地址不同的空间。虚地址空间是程序可用的空间，而实地址空间是 CPU 可访问的内存空间。在 80486 中，实地址空间为 $2^{32}=4\text{G}$ 字节，而虚地址空间为 $2^{46}=64\text{T}$ 字节。

四、RISC 技术

精简指令集计算 (Reduced Instruction Set Computing) 技术简称 RISC 技术，其主导思想是精简 CPU 芯片中指令的数目，简化芯片的复杂程度，使指令的执行速度更快。传统的计算机都采用 CISC (Complex Instruction Set Computing) 处理器，如我们现在常用的 Intel X86，其指令集中有许多指令非常复杂。用编译器对程序编译，结果证明，大多数复杂的指令很少被使用，编译器生成的总代码的 90% 以上是只占 CISC 指令集中不足 10% 的指令。设计更好的编译器，证明是困难的；而构筑一种简单的计算机，使它只有少数指令、大的寄存器阵列、对主存

的简单装入 / 存储访问，并且大多数指令执行只需要一个时钟周期，这就是 RISC 处理器组成的计算机。

RISC 处理器的主要特征表现在下列方面：

- (1) 采用统一的指令长度，以简化相应的逻辑电路。
- (2) 全 64 位实现，高流水线执行单元，很高的内部时钟速度 $\geq 200\text{MHz}$ 。
- (3) 内置高性能浮点运算部件和大容量指令 / 数据 Cache。
- (4) 采用调入 / 存储体系结构，将内存中的数据预先调入内部寄存器以减少访问内存的指令数。

(5) 支持多媒体和 DSP 的新指令

RISC 处理器的优点早就为人所知，但其执行中需要大容量的存储器和昂贵的 Cache，因此 RISC 技术的推广遇到了很大的阻力。目前 RISC 技术在低成本的消费者和商业领域仍未获得广泛认同，只在高性能的工作站中得到了应用。

思考题与习题

1. 简述微型计算机的发展概况。
2. 微型计算机系统的硬件由哪几部分组成？简述它们的主要功能。
3. 什么叫机器数？什么叫真值？试叙述带符号数和不带符号数的机器数主要有哪些表示方法？
4. 将下列数进行转换
 - (1) $01011100\text{B} = ? \text{D}$ (2) $0.10110011\text{B} = ? \text{D}$
 - (3) $135\text{D} = ? \text{B}$ (4) $99.4375\text{D} = ? \text{B}$
 - (5) $10110010\text{B} = ? \text{O} = ? \text{H}$ (6) $308.\text{DH} = ? \text{B} = ? \text{O}$
5. 简述计算机中数的编码方法。
6. PC 系列微机系统由哪几个基本部分组成？其中主机箱内应包括哪些部件？
7. PC 系列微机中有哪些常用的 I/O 适配器？
8. 衡量微机系统的主要性能指标有哪几个方面？
9. 什么叫流水线技术？采用流水线技术的优点是什么？
10. 什么叫高速缓冲存储器技术和虚拟存储器技术？微机中采用这两种存储器技术的根本目的是什么？
11. 简述 RISC 技术及 RISC 处理器的主要特征。
12. 用 ASCII 码表示
 - (1) $A+B=C$ (2) 你的英文姓名

第二章 32 位微处理器结构

在微处理器的发展历程中, Intel 公司的产品一直处于领先的地位。Intel 公司是世界上第一个推出微处理器(4 位微处理器 4004)的公司。目前, Intel 公司已经形成了自己的系列:80X86 系列, 包括 8086/8088、80286、80386、80486、Pentium 等产品。这些微处理器在各种通用微机、专用微机和 workstation 中得到了广泛的应用。表 2.1 列出了 Intel 公司的微处理器芯片发展的情况。

由表 2.1 可看到 Intel80386/80486 是 Intel 公司的第四代产品, 该产品是针对多任务操作系统设计的高性能 32 位微处理器。Intel 80386/80486 和 8086/80286 在目标代码级保持了兼容性。与 8086/80286 相比, 在结构上和性能上有以下特点:

(1) 增加了片内寄存器的数量。寄存器由 16 位扩展到 32 位, 具有 32 位数据处理能力。

(2) 片内存储管理部件可实现段、页存储管理, 比 8086/80286 提供更大的物理存储空间和虚拟存储空间。

(3) 80386/80486 共有三种工作方式: 实地址工作方式、保护虚地址方式和虚拟 8086 方式, 比 80286 增加了虚拟 8086 方式。

(4) 提供了 32 位外部总线接口, 提高了数据传送速率。总线接口支持动态数据宽度控制, 能自动地在 16 位和 32 位数据总线间进行切换, 以适应不同位数的存储器和 I/O 设备。

(5) 指令流水线增加到 6 级, 即取指令、指令译码、地址生成、取操作数、执行指令和回送结果。

(6) 可采用 16、20、25、33、66MHz 等多种时钟, 运算速度大大加快。

80486 是 Intel 公司继 80386 之后推出的第二代 32 位高性能微处理器, 80486 与 80386 相比作了许多改进, 主要表现在以下几个方面。

(1) 80486 采用单倍的时钟频率, 即 80486CPU 的 CLK 端输入的外部时钟频率就是其内部处理器的工作时钟频率, 因此可大大增加电路的稳定性。而 80386 则和 80286 一样, 要求外部时钟频率必须是 CPU 内部工作时钟频率的两倍。

(2) 内部包含了相当于增强型 80387 功能的浮点协处理器(FPU)。与 80386 系统中外置的 80387 芯片相比, 其浮点处理速度提高 3~5 倍。

(3) 对使用频度较高的基本指令, 由原本的微代码控制改为硬件逻辑控制, 并在指令执行单元采用了流水技术和 RISC 技术, 使指令的执行速度加快, 大部分基本指令可用一个时钟周期完成。

(4) 和 80386 相比, 内部数据总线的宽度由 16 位改为 32 位、64 位和 128 位多种, 分别用于不同单元之间的数据通路, 对于加快数据传输速度、缩短指令执行时间有重要作用。

(5) 对内部寄存器、高速缓冲器、总线接口部件等部件进行了功能的变动和增加。

上述的改进使 80486 的综合性能比 80386 提高了 3~4 倍。本章将以 80486CPU 为样板讲述 32 位微处理器的体系结构。

第一节 80486 CPU 的结构

一、80486 CPU 的内部结构

80486 CPU 的内部结构如图 2.1 所示。由总线接口部件、指令预取部件、指令译码器、指

表 2.1 Intel 微处理器发展年表及主要性能、特点

| 代数 | 型号 | 推出时间 | 工艺 | 数据位数 | 地址位数 | 主频 Hz | 其他性能、特点 |
|-----|------------------|--------|--------|------|------|----------|--|
| 第一代 | 4004 | 1971 年 | PMOS | 4 | 12 | 740k | 内含 1 200 个晶体管,基本指令执行时间 20 μ s。 |
| | 8008 | 1972 年 | PMOS | 4 | 12 | 800k | 内含 2 000 个晶体管,基本指令执行时间 10 μ s。 |
| 第二代 | 8080 | 1976 年 | PMOS | 8 | 16 | 2M | 内含 4 900 个晶体管,基本指令执行时间 2 μ s。 |
| | 8080A | 1976 年 | NMOS | 8 | 16 | 2~3M | 与 8080 基本相同。 |
| | 8085A | 1977 年 | NMOS | 8 | 16 | 3~6M | 内含 9 000 个晶体管,基本指令执行时间 1 μ s,它是将 8080A 微处理器、8224 时钟驱动器、8228 总线控制器三者合一而成。 |
| 第三代 | 8086 | 1978 年 | NMOS | 16 | 20 | 4.77~10M | 16 位寄存器,内含 2.9 万个晶体管,<1MIPS。 |
| | 8088 | 1978 年 | NMOS | 8 | 20 | 4.77~10M | 准 8086(即内部运算 16 位),性能与 8086 相同,外部交换 8 位。 |
| | 80186 | 1982 年 | NMOS | 16 | 20 | 8~16M | 16 位寄存器,是 8086、两级 DMA、三个定时器、三级中断控制器的合成。 |
| | 80188 | 1982 年 | NMOS | 8 | 20 | 8~16M | 是 8 位型 80186,类似于 8088 同 8086 的关系。 |
| | 80286 | 1982 年 | CMOS | 16 | 24 | 6~12.5M | 16 位寄存器;内含 13.4 万个晶体管;保护模式操作;1~2MIPS;有虚存 1GB。 |
| 第四代 | 80386 DX | 1985 年 | CHMOS | 32 | 32 | 16~33M | 32 位寄存器;实存 4 GB,虚存 64 TB;内含 27.5 万个晶体管;6~12 MIPS。 |
| | 80386 SL | 1988 年 | CHMOS | 16 | 32 | 16~20M | 属低功耗型 80386DX,耗电少,主要面向便携机。 |
| | 80486 DX | 1989 年 | CHMOS | 32 | 32 | 25~50M | 32 位寄存器;实存 4 GB,虚存 64 TB;内含 120 万个晶体管,是将 80386DX、8KB Cache、80387 协处理器三者合一。 |
| | 80486 SX | 1991 年 | CHMOS | 32 | 32 | 16~33M | 是不带 80387 协处理器的 80486DX。 |
| | 80486 DX2 | 1992 年 | CHMOS | 32 | 32 | 50~66M | 是双倍频时钟的 486DX,速度比之更高。 |
| | 80486 SL | 1992 年 | CHMOS | 32 | 32 | 20~25M | 属低功耗型 80486DX,更适合于便携机。类似于 386SL 同 386DX 的关系。 |
| | 80486 DX4 | 1994 年 | CHMOS | 32 | 32 | 75~100M | 带有更大 Cache 的三倍频时钟的 486DX |
| 第五代 | Pentium (P5,586) | 1993 年 | BiCMOS | 64 | 36 | 60~133M | 32 位寄存器;内含 320 万个晶体管;超标量设计(2 条流水线);分支指令预测;100~200MIPS。 |
| | Pentium "P54C" | 1994 年 | BiCMOS | 64 | 36 | 75~150M | 3.3V,属低功耗的第二代 Pentium。 |
| | Pentium "P55C" | 1995 年 | BiCMOS | 64 | 36 | 90~150M | 为多媒体计算机研制的第三代 Pentium。 |
| | Pentium Pro (P6) | 1995 年 | BiCMOS | 64 | 36 | 133~150M | 32 位寄存器;内含 550 万个晶体管;内置式 L2Cache;乱序执行;超标量设计(3 条流水线);<300MIPS。 |
| | Pentium (P7) | | | 64 | | | 超长指令集;1 000MIPS。 |

令执行部件、页管理部件、段管理部件、高速缓冲部件和浮点运算部件等 8 个逻辑部件组成。除了高速缓冲和浮点运算部件外，80486 和 80386 的内部结构基本相同。

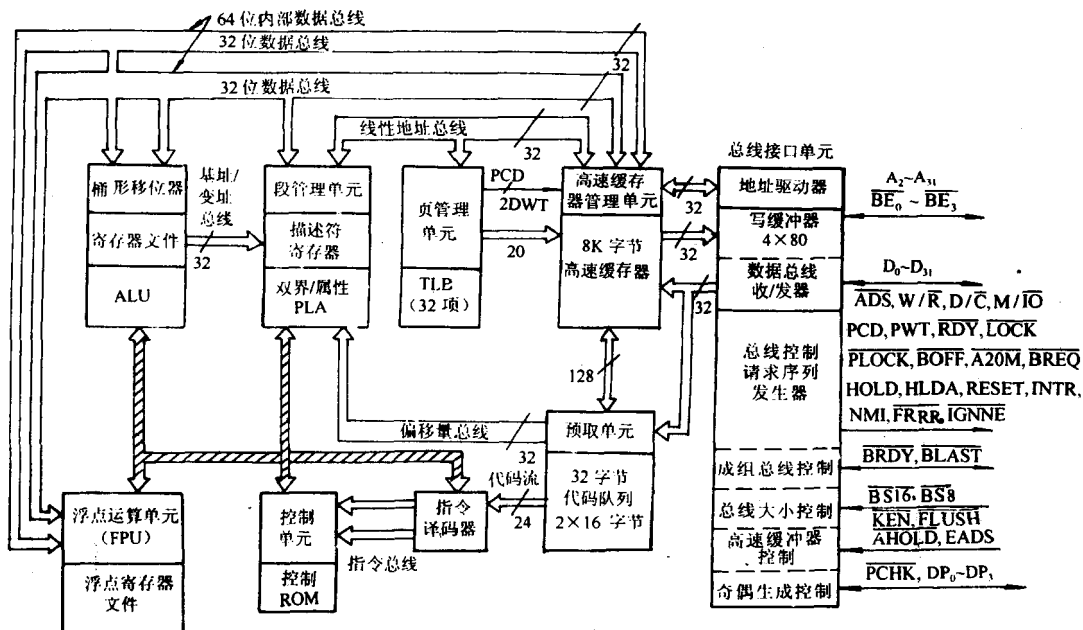


图 2.1 80486 的内部结构框图

1. 总线接口部件 主要用于管理访问外部存储器和 I/O 端口必须的地址、数据和控制总线完成指令预取读/写数据等总线操作。

2. 指令预取部件 包含有一个 32 字节的指令预取队列。当指令预取队列不满而总线正好空闲时，指令预取部件可通过总线接口部件从存储器中读取指令放入指令队列中。80486 的指令平均长度为 3.2 字节，所以指令预取单元平均可预取 10 条指令。

3. 指令译码部件 从指令预取队列中读取指令并进行译码。若发现是转移指令或调用指令，可通知总线接口部件去新的目标地址取指令，以刷新指令预取队列中的指令。

4. 指令执行部件 完成各种算术/逻辑运算，包括算术逻辑部件 ALU，8 个 32 位的通用寄存器，一个桶形移位寄存器和控制单元等。在控制单元中，大多数指令采用微程序控制结构执行。

5. 段管理部件 完成存储器分段管理，将指令指定的存储器的逻辑地址变换为 32 位线性地址。

6. 页管理部件 对存储器进行分页管理，将线性地址变换为存储器的 32 位物理地址。在存储器管理中，可不采用分页管理，此时线性地址即为物理地址。

7. 高速缓冲部件 在 80486CPU 中增加片内高速缓冲器 Cache 由于片内 Cache 比片外 Cache 存取速度快，因此可加速指令和数据的访问。

8. 浮点运算部件 80486 增加了 FPU，相当于一个增强型协处理器 80387 专门用于浮点的运算 该部件可与 ALU 的整数运算并行进行。

80486 虽然是 32 位的 CPU 但其内部某些地方的数据总线不止 32 条。从图 2.1 可看到，在 Cache-ALU-FPU 之间采用了 64 位数据总线相连，使双精度数据 (64 位) 可一次传送。在 Cache 和预取指令部件之间采用了 128 位的数据总线，可一次预取 16 字节的指令。

由于有了上述各逻辑部件的支持,80486可按6级流水线方式工作,图2.2列出了其工作方式。在理想情况下,指令执行中的6个步骤即取指令、指令译码、地址生成、取操作数、执行指令和存储结果,每级需要一个时钟。一条指令在单独执行时,6个步骤都不能少。但从整体上看,经过最初的6个时钟后,每个时钟都有一条指令执行完毕从流水线输出,因此采用6级流水线方式后,整体上看,每个时钟可完成一条指令的执行,提高了指令的执行速度。

| 指令步骤 | 时钟周期 | | | | | | | | | | | |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 取指令 | I ₁ | I ₂ | I ₃ | I ₄ | I ₅ | I ₆ | | | | | | |
| 指令译码 | | I ₁ | I ₂ | I ₃ | I ₄ | I ₅ | I ₆ | | | | | |
| 地址生成 | | | I ₁ | I ₂ | I ₃ | I ₄ | I ₅ | I ₆ | | | | |
| 取操作数 | | | | I ₁ | I ₂ | I ₃ | I ₄ | I ₅ | I ₆ | | | |
| 执行指令 | | | | | I ₁ | I ₂ | I ₃ | I ₄ | I ₅ | I ₆ | | |
| 存储结果 | | | | | | I ₁ | I ₂ | I ₃ | I ₄ | I ₅ | I ₆ | |

图 2.2 80486 的流水线工作示意

二、内部寄存器

寄存器用于存储信息。由于内部寄存器在 CPU 中其执行速度比 CPU 和存储器交换信息时要快,因此在微机 CPU 中,都设置了许多寄存器,以提高指令的执行速度。80486 的寄存器是从 8086/80286/80386 的基础上扩充而来的,除将原来的 16 位寄存器扩展为 32 位外还增加了一些新的寄存器。

80486 的寄存器按功能可分为四类:基本寄存器、系统级寄存器、调试和测试寄存器、浮点寄存器。

1. 基本寄存器

基本寄存器包括通用寄存器、指令指针寄存器、标志寄存器和段寄存器,如图 2.3 所示

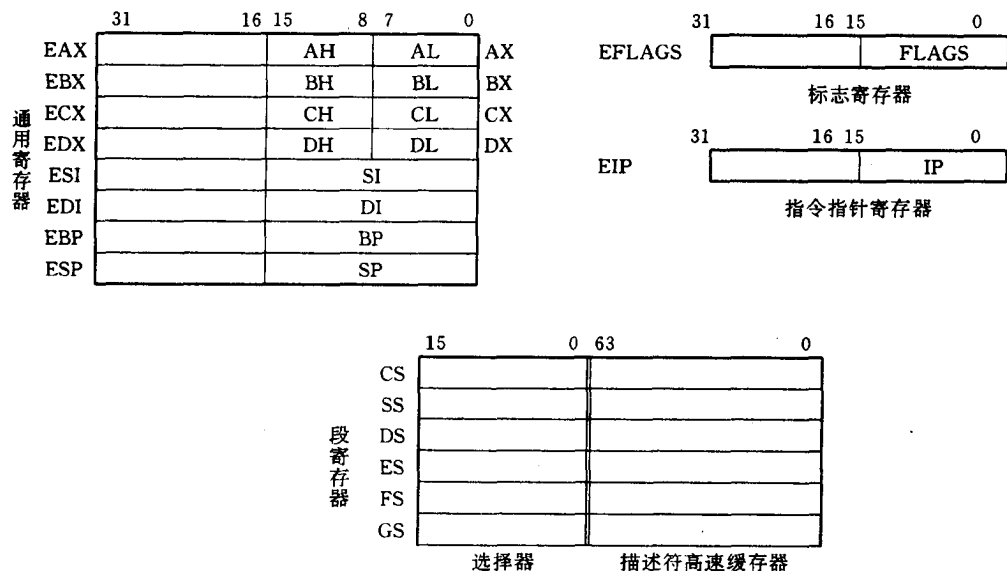


图 2.3 基本寄存器

(1)通用寄存器

80486 有 8 个 32 位通用寄存器，分别命名为 EAX,EBX,ECX,EDX,ESI,EDI,EBP,ESP。为了与 8086/8088 兼容，它们的低 16 位可以单独访问，并以 8086/8088 中的名称命名：AX,BX,CX,DX,SI,DI,BP,SP。其中 AX,BX,CX,DX 可分别分成两个 8 位的寄存器 其命名为 AH,AL,BH,BL,CH,CL,DH,DL,H 表示高八位 (8~15 位),L 表示低八位 (0~7 位)。通用寄存器常用于存放操作数和中间结果，存放 8 位,16 位和 32 位的数据。

(2)指令指针寄存器 EIP)

EIP 用于存放指令在代码段中的偏移地址，在程序运行中，它总是指向下一条要预取的指令。EIP 和代码段的段基址寄存器 (通常为 CS) 共同确定下一条指令的物理地址。在指令执行时 CPU 自动修正 EIP 的内容 使 EIP 总是指向下一条指令的地址，以保证指令的连续执行。EIP 的低 16 位称为 IP 用于 16 位操作方式中。

(3)标志寄存器 EFLAGS)

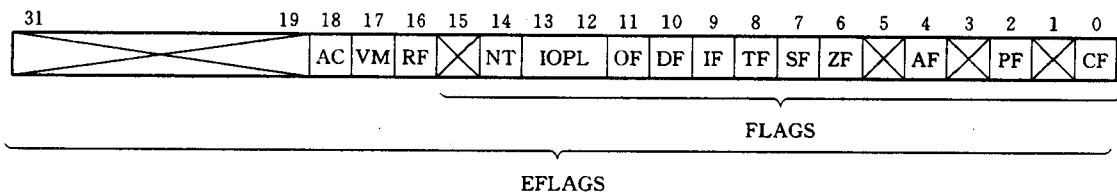
该寄存器为 32 位的寄存器，共包含三种状态。

状态标志：反映算术 / 逻辑运算指令执行后的状态

控制标志：反映串操作指令地址改变的方向

系统标志：用于控制 I/O、中断、调试、任务转换和控制保护方式与虚拟 8086 方式之间的转换。

图 2.4 列出了 EFLAGS 各位的状况，由图可见，32 位标志寄存器仅用了其中的 15 位 共列出了 14 种标志。其中 CF、PF、AF、ZF、SF、TF、IF、DF、OF 是原 8086/8088 用的标志位；OPL、NT 属 80286 增加的标志位；VM、RF 属 80386 增加标志位；AC 为 80486 新增的标志位。下面对各标志位的意义作介绍。



注：X 位表示未用 通常置 0

图 2.4 标志寄存器

• CF (进位标志): CF=1 表示运算结果的最高位产生进位 (加法) 或借位 (减法)。CF 主要用于多字节数的运算和循环移位指令。

• PF (奇偶标志): PF=1 表示运算结果中有偶数个 1。PF 用于数据传送中检验错误。

• AF (辅助进位标志): AF=1 表示运算中低 4 位向高位产生进位 (加法) 或借位 (减法)。AF 用于 BCD 码运算。

• ZF (零标志): ZF=1 表示运算结果为 0。

• SF (符号标志): SF=1 表示运算结果最高位为 1，对于补码表示的有符号数 SF=1 表示运算结果为负数。

• TF (自陷标志): TF=1 表示 CPU 进入单步执行方式，每执行完一条指令后都产生一个中断，利用它可逐条的调试程序。

• IF (中断允许标志): IF=1 表示 CPU 允许外部可屏蔽中断的申请。

- DF (方向标志);DF=1 表示串运算时地址按减位方向进行。
- OF (溢出标志);OF=1 表示运算结果的数值超过了可表示的范围。
- IOPL(I/O 特权级标志)共占 2 位 表示 0~3 级 4 个 I/O 特权级 仅用于保护方式。只有当任务的现行特权级高于或等于 IOPL 表示的特权级时,执行 I/O 指令可保证不产生异常。
- NT(任务嵌套标志);NT=1 表示当前任务嵌套在另一个任务内,引起任务转换。该标志位用于控制被中断的链和被调用的任务。
- RF (恢复标志):该标志位与调试寄存器的代码断点结合使用,以保证不重复处理断点。当 RF=1 时,即使遇到断点或调试故障也不再产生异常中断。在成功执行每条指令后,RF 自动复位为 0。

• VM 虚拟 86 模式标志);VM=1 表示工作在虚拟 8086 方式。该位只能以两种方式设置在保护方式下 由最高特权级(0 级)的代码段的 IRET 指令来设置;或由任务转换来设置。

• AC 对准检查标志)仅对 80486 有效。对准是指访问字操作时从偶地址开始,访问双字操作时从 4 的整数倍地址开始。当 AC=1 且 CR₀ 的 AM 位也为 1 则进行字、双字或 4 字的对准检查。

EFLAGS 的低 16 位称 FLAGS 标志寄存器 用于 8086/80286 的 16 位操作。

(4) 段寄存器

80486 有 6 个段寄存器 :CS、SS、DS、ES、FS、GS。其中 CS 指明当前的代码段 SS 指明当前的堆栈段 ,DS、ES、FS 和 GS 指明当前的 4 个数据段。

80486 的段寄存器由 16 位段选择器和 64 位描述符高速缓冲器组成。在实地址方式和虚拟 8086 方式下 段选择器就是段寄存器 它保存逻辑段基址 其寻址方法和 8086 一样 即段基址左移 4 位加上偏移地址就是存储单元的物理地址,不必使用描述符高速缓冲器。

在保护虚地址方式下,每个段定义一个 16 位的选择符并装入段选择器中。由选择符在全局描述符表 GDT 或局部描述符表 LDT 中找到对应的描述符装入描述符高速缓冲器中。有关保护虚地址方式下的寻址方法将在第六章存储器部分详细介绍。

2. 系统级寄存器

系统级寄存器包括 4 个控制寄存器和 4 个系统地址寄存器。这些寄存器一般由操作系统进行访问。

(1) 控制寄存器

4 个控制寄存器 CR₀~CR₃ 用于存放全局特征,如是否用 Cache 和 FPU 是否分段分页等。各控制寄存器都是 32 位 其格式如图 2.5 所示。

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|
| | 31 | 30 | 29 | | 18 | 16 | 12 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| CR ₀ | PG | CD | NW | 保留 | AM | WP | 保留 | NE | ET | TS | EM | MP | PE |
| CR ₁ | 保留 | | | | | | | | | | | | |
| CR ₂ | 页 Fault 线性地址 | | | | | | | | | | | | |
| CR ₃ | 页目录基址寄存器 | | | | | | | 保留 | PCD | PWT | | | |

图 2.5 控制寄存器

CR₀ 包含整个系统的控制标态。为了和 80286 兼容,CR₀ 的低 16 位即为 80286 中的 MSW 机器状态字)。CR₀ 共用 11 位,各位的作用如下:

- PE 保护模式允许位 当 PE=1,CPU 为保护模式。