

十六位微型计算机

硬件软件及 接口技术

白素怀 编

《陕西电子》编辑部



前 言

随着大规模集成电路的迅速发展，从七十年代末期起，微处理器发展十分迅速，出现了十六位微处理器。Intel 8086是1978年研制出的十六位微型计算机，该机有配备齐全的接口电路和丰富的软件，是目前国际上最流行的十六位微型计算机之一，也是目前国内广泛采用的机型。

本书是以Intel 8086微型计算机为背景，将硬件和软件结合起来进行叙述。对Intel 8086微型计算机的硬件、软件及接口技术作了较全面的介绍，并把重点放在Intel 8086微型计算机的结构，汇编语言程序设计及接口技术等方面。本书在国内外资料的基础上进行提炼、概括和加工，使之内容方面软件硬件结合，通俗易懂。在选材方面注意实用性和系统性。在叙述方面多用例题进行详细深入地叙述，图文结合。可作为科技人员及高等院校师生的参考书，也可供使用微型计算机的科技人员参考。

在编写此书的过程中，承蒙西安交通大学计算机系主任胡正家副教授审阅，并提出了不少宝贵意见。在此，表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，请读者批评指正。

编 者

1985年3月15日

内 容 简 介

全书共九章。主要介绍了 Intel 8086 微型计算机的结构、指令系统、存储器组织、汇编程序和汇编语言程序设计、时序、输入输出与中断、接口技术，并对 Intel 8086 系列芯片 CPU、8288、8289、8251、8255A、8253、8259A 具体例子进行了分析，介绍了 TP—86A 单板微型计算机。

本书全面介绍了 Intel 8086 微型计算机的硬件、软件及接口技术。论述详尽，例题较多。可作为科技人员及高等院校师生的参考书，也可供使用微型计算机的科技人员参考。

目 录

第一章 微型计算机概述

第一节 微型计算机发展简史	(1)
第二节 微型计算机分类及应用	(2)
一、4 位微型计算机	(2)
二、8 位微型计算机	(3)
三、16 位微型计算机	(3)
第三节 微型机系统评价及发展趋势	(5)
一、如何评价一个微型计算机系统	(5)
二、微型计算机发展趋势	(5)

第二章 Intel8086的结构

第一节 8086CPU的内部结构	(7)
一、8086CPU的功能结构	(7)
二、8086的寄存器结构	(8)
第二节 8086引脚及功能	(10)
第三节 8086两种系统结构方式	(12)
一、最小方式	(12)
二、最大方式	(13)

第三章 存储器组织

第一节 读写存储器RAM	(16)
一、静态 RAM	(16)
二、动态 RAM	(19)
第二节 只读存储器 ROM	(22)
一、只读存储器的类别	(22)
第三节 存储器的系统连接	(24)
一、存储器模块的组成	(24)
二、存储器模块举例	(24)
第四节 存储器组织	(25)
一、存储器的段结构	(27)
二、实际地址的产生	(28)

第四章 8086的指令系统

第一节 8086的寻址方式	(30)
一、有效地址(EA)	(30)
二、寻址方式	(31)
第二节 8086指令系统的特点	(35)
一、指令系统的特点	(35)
二、指令系统符号说明	(36)

三、8086中的标志寄存器	(36)
四、8086指令格式及数据类型	(38)
第三节 8086指令系统	(39)
一、数据传送指令	(39)
二、算术运算指令	(45)
三、位处理指令	(55)
四、字符串指令	(61)
五、程序转移指令	(67)
六、处理机控制指令	(78)
第四节 8086程序设计举例	(80)
第五章 8086汇编语言	
第一节 符号名	(84)
一、寄存器名	(84)
二、输入/输出	(84)
三、标号	(85)
第二节 一个完整的程序	(85)
第三节 ASM—86 程序结构	(85)
一、关于DS的定义	(86)
二、端口号的规定	(87)
三、程序主体	(87)
第四节 标记	(87)
一、标识符	(87)
二、保留字	(87)
三、界限符	(88)
四、常数	(88)
五、注释	(88)
第五节 表达式	(88)
一、操作数	(88)
二、运算符	(89)
第六节 语句	(91)
一、命令语句	(91)
二、指令语句	(100)
第七节 汇编语言程序设计举例	(103)
第六章 8086的时序	
第一节 总线周期	(106)
第二节 最小方式读总线周期	(107)
第三节 最小方式写总线周期	(110)
第四节 最大方式读/写总线周期	(110)
一、读总线周期	(111)
二、写总线周期	(111)

第七章 输入输出与中断

第一节 输入输出	(113)
一、输入/输出空间和保留使用的 I/O 地址	(113)
二、I/O 端口编址的输入输出方式	(113)
三、存储器对应的输入输出方式	(114)
第二节 输入输出传送方式	(115)
一、程序控制输入输出方式	(115)
二、中断控制输入输出方式	(116)
三、直接存储器存取方式(DMA方式)	(116)
第三节 中断系统	(117)
一、外部中断	(117)
二、内部中断	(119)
三、中断指针表	(119)
四、中断过程	(120)
五、单步(陷阱)中断	(122)
六、断点中断	(123)
七、系统复位	(123)
八、指令队列状态	(124)
九、处理机暂停(HALT)	(124)

第八章 接口技术

第一节 8284时钟产生器	(126)
一、8284引脚定义	(127)
二、8284引脚功能	(128)
第二节 总线管理	(129)
一、8位锁存器8282/8283	(130)
二、8位并行双向总线驱动器8286/8287	(130)
第三节 8288总线控制器	(131)
一、8288引脚定义与功能	(131)
二、8288的命令与控制逻辑	(133)
第四节 8289总线仲裁器	(136)
一、功能说明	(136)
二、总线控制器之间的裁决	(137)
三、优先权识别技术	(137)
四、使用那一种优先权识别技术	(138)
五、8289工作方式	(139)
六、8289引脚定义与功能	(143)
第五节 I/O 接口控制电路	(144)
一、串行数据通讯	(144)
二、8251可编程串行通讯接口(PCI)	(146)
第六节 并行数据通讯	(154)

一、8255A可编程序外设接口(PPI).....	(155)
第七节 8253可编程序定时器 (PIT)	(171)
一、5253基本功能说明	(173)
二、8253系统接口	(174)
三、8253详细工作原理	(175)
第八节 8259可编程序中断控制器 (PIC)	(180)
一、微型计算机系统的中断	(180)
二、8259A 基本功能说明	(182)
三、中断过程输出	(184)
四、初始化	(186)
五、操作命令字 (OCWS)	(188)
六、引脚功能说明	(195)
第九章 十六位单板计算机	
第一节 TP—86A单板计算机简介	(199)
一、存贮器	(199)
二、键盘显示器电路	(199)
三、I/O 接口电路	(202)
附录 1: 8086指令详解 (按英文字母顺序排列)	(206)
附录 2: Intel 8086指令系统.....	(281)

第一章 微型计算机概述

微型计算机的应用,已经越出了研究所、高等学校、工厂的大门,进入商业、交通、医疗、教育、服务行业以及日常生活的各个领域。

近年来,微型计算机各种芯片以每两年集成度提高一倍的速度向前发展,相继出现了一批单片微型计算机和一批高性能的16位和32位微型计算机。微型计算机系统用的LSI化外围电路逐渐配套齐全。微型计算机的软件也有很大的发展,新的高级微型计算机都配有功能强的操作系统和多种高级语言,并尽量将软件硬件化,配置各种功能的只读存储器,使系统的扩展非常灵活和方便。这些都进一步促进了微型计算机的应用和发展。

第一节 微型计算机发展简史

自从美国Intel公司1971年11月研制出微型计算机Intel 4004机以来,微型计算机已经历了十几年历程。它已在各种领域内得到广泛的应用,并且对计算机行业产生了变革性的影响,在计算机领域中越来越占有重要地位。微型计算机之所以获得如此惊人的发展,一个重要原因是其性能/价格比在各种机型中占有领先地位,它以物美价廉,小巧灵活而深受用户欢迎。随着LSI技术的不断发展,微型计算机经历了如下几个阶段,见表1—1。第一阶段是微型计算机萌芽阶段;第二阶段是设计和生产技术已进入成熟的阶段;第三阶段是8位机的改进阶段;第四阶段是16位机的发展阶段,它是通过两个途径发展起来的:第一种是小型机微型化,如LSI—11/23.24M601,它们分别是PDP—11/34,NOVA小型机的微型化,继承了小型机丰富的软件资源,既有小型机的功

表1—1 微型计算机各阶段主要特点

特 点 \ 阶 段	(一) 1971~1973年	(二) 1973~1975年	(三) 1975~1977年	(四) 1978~1980年	(五) 1981年~
典型微型计算机	Intel 4004 8008	Intel 8080 MC6800	Intel8080 MC6809 Z—80	Intel8086 Z—8000 MC—68000	IntelIAPX432 IBM320 Bell MAC32 HP 32
字长(位)	4~8	8(16)	8(16)	16/32	32
半导体工艺	P—MOS	N—MOS	E/D MOS	N/H MOS	H MOS~
集成度(晶体管/片)	2千	5千	1万	2~6万	10万多
芯片引出线	16~24	40	40	40~64	64多
时钟频率(MHz)	1	2	2.5~5	4~10	10左右
平均指令周期(MS)	20	2	1	0.5~0.1	0.1左右
数据总线(位)	4	8(16)	8(16)	16	16/32
地址总线(位)	4~8	8(16)	8(16)	20~24	24~32

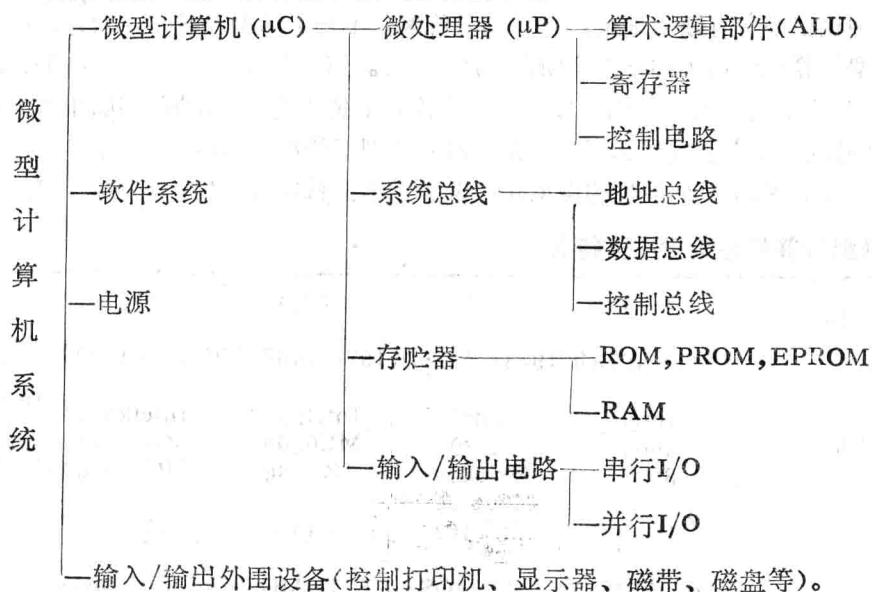
能,又有微型机的价格。第二种是从半导体厂家的8位机过渡而来的,如8086、Z8000和M68000,已进入了小型机市场;第五阶段是由16位机向32位微型计算机发展的阶段,它们将冲击中型机市场。

第二节 微型计算机分类及应用

目前,世界各国已研制出许多各种用途的微型计算机。从机器字长来看,有4位机、8位机、16位机和32位机等;从机器组成来看,有位片式、单片式和多片式;从制造工艺来看,有MOS和双极型两大类,而每一类又有若干分支;从体系结构来看,微型计算机继承和发展了小型计算机的先进技术,如单总线或多总线结构,通用寄存器堆、堆栈技术、并行处理、微程序控制等。各制造厂家既大量出售微型计算机的各种芯片,又出售各种功能模块;既出售单板微型计算机,也出售各种用途的微型计算机系统;既有硬件产品,又有软件产品。

一个典型的微型计算机系统应包括微型计算机、外围设备(如CRT、打印机、磁带、软盘、硬磁盘等)、电源和系统软件(操作系统、各种语言编译程序等)。而微型计算机应包括微处理器、存贮器(RAM、ROM、PROM、EPROM)、I/O接口(串行、并行)和系统总线接口(地址总线、数据总线、控制总线)。微处理器应包括寄存器、累加器、算术和逻辑运算部件、控制部件、内部总线和时钟发生器。下面用表1—2概括了微处理器、微型计算机和微型计算机系统三者的相互关系。

表1—2 微处理器、微型计算机和微型计算机系统



微型计算机通常是按照数据总线来分类(即按照一次并行处理的位数)。一般可分为4位、8位、16位和32位。

一、4位微型计算机

最初的4位微型计算机是Intel4004,而后改进为4040机。目前的4位机一般是单片的,即在一个芯片内集成了CPU、RAM、ROM、I/O接口和时钟发生器,一般不外接设备,直接驱动被控制的部件。它是4位并行操作的,程序一般是固定的。典型产品有: Intel4040, Texas TMS1000系列, PPS—4/1系列和HMOS—40系列等。由于单片4位微型计算机价格极低,因而应用相当广泛,常用于过程控制,构成各种袖珍式、台式计算器,构成各种商用机(如银行记帐机、出纳机、自动售货机、仓库管理机)、面向消费品家用电器(如电视机、录音机、缝纫机以及做饭用具的

控制等)。

二、8 位微型计算机

最早出现的 8 位微型计算机是 8008, 它速度慢, 性能不高。第二代 8 位微型计算机 8080、6800 和 Z-80 出现以后微型计算机才迅速普及。它有一定的通用性, 一般配有 RAM、ROM、I/O 接口和外设控制器, 可以构成各种系统, 具有可扩展性。它主要面向工业应用, 用于事务处理、过程控制或构成智能终端。典型产品有: 8080A、8085A、M6800、Z-80 等。国产的 DJS-051 机和 DJS-052 机与 8080A 指令系统相同, DJS-061 机与 M6800 类相同。

三、16 位微型计算机

16 位微型计算机比 8 位微型计算机有更大的优越性, 主要表现在字长、数据总线位数的增多和集成度的大大提高 (约比 8 位机提高一个数量级), 因而可靠性也提高了; 功能大大增强, 这表现在时钟频率和指令执行速度的提高, 通用寄存器的增多, 存储器容量的扩大 (1~16MB), 有分段和存储器保护等。

典型的三种 16 位微型计算机性能比较见表 1-3。由于各公司设计时各有侧重, 不可能用统一的标准进行比较评价, 只能根据各种机器的结构、配备的软件、外围设备, 开发支持系统及目前销售情况和发展前景作一对比。

表 1-3 三种典型 16 位微型计算机性能比较

项 目 \ 性 能 \ 机 型	Intel 8086	Zilog Z-8000	Motorola M68000
发表年代	1978	1979	1980
半导体工艺	HMOS	NMOS	HMOS
芯片引线	40	48	64
晶体管(个)/片	29万	1.75万	6.8万
时钟频率(MHZ)	5~10	6~10	8~10
指令执行最短时间	0.4 μ s	0.75 μ s	0.5 μ s
基本指令条数	133	116	56
指令字长度(字节)	1~6	2,4,6,8,10	2,4,6,8,10
地址总线(位)	20	23	24
数据总线(位)	16	16	16
寻址空间	1 ^{MB}	8/48 ^{MB}	16 ^{MB}
寻址方式数	6	8	14
工作方式	仅有用户态	用户/系统	用户/系统/跟踪
特权指令	无	有	有
微程序设计	是	随机组合逻辑	是

续表1—3

产品销售量(1981年)	60万台	15万台	20万台
操作系统			
Unix(变型: XENIX)	有	有	有
M ² SP	有	有	有
MTOS	有	有	有
CP/M	有		
UNIFLEX(Unix变型)			有
程序设计语言、汇编语言	Intel	Zilog	Motorola
BASIC	有	有	有
FORTRAN	有		
COBOL	有		
PASCAL	有	有	有
C	有	有	
PL/M86	有		

8086主要的配套器件有: 数值运算处理机(8087)、输入输出处理机(8089)、时钟发生器(8284A)、收发公用电路(8288)、总线仲裁器(8289)、DMA控制器(8257)、中断控制器(8259A)、外设控制部件(8041A/8741A)、软盘控制器(8271/-61-8)、CRT控制器(8275)等。

从销售量来看, 8086居第一位, 它有丰富的软件支持, 能与8080A和8085A兼容。根据美国数据调查公司资料介绍, 1981年7~9月8086销售20万台, 68000销售4.4万台, Z8000销售1.2万台(见图1—1)。

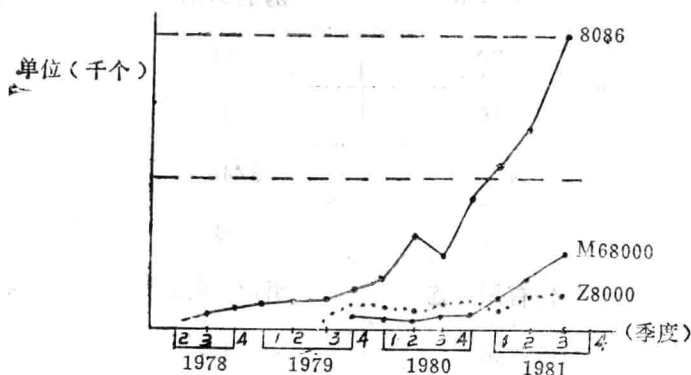


图1—1 8086、68000、Z8000的销售量变化情况

原
书
缺
页

原
书
缺
页

第二章 Intel 8086的结构

Intel 8086(简称8086)是一种16位微处理器。是在 Intel 8080 与 8085的基础上发展起来的一种16位微处理器,它能处理16位数据(具有16位的ALU和16位运算指令包括乘法和除法指令,16位的数据宽度和接口),也能处理8位数据。它能执行整套8080/8085的指令。所以,在汇编语言上它与8080/8085是兼容的;又增加了许多16位操作指令。它有20位地址总线,直接寻址能力达到 1^{MB} 字节。

第一节 8086 CPU 的内部结构

一、8086 CPU 的功能结构

8086 CPU从功能上来说分成两大部分:总线接口部件BIU和执行部件EU,如图2-1所示。

BIU由段寄存器和内部暂存器、指令指针、地址加法器和指令队列缓冲器组成,负责与存储器接口。8086 CPU与存储器之间的信息传送,都是由BIU执行的。BIU负责从内存的指定部分取出指令,送至指令队列中排队。在执行指令时所需的操作数,由BIU从内存的指定区域取出,传送给EU部分去执行。BIU中的地址加法器,是把段寄存器中的数值和位移量寄存器的数值相加起来,得出20位的地址。

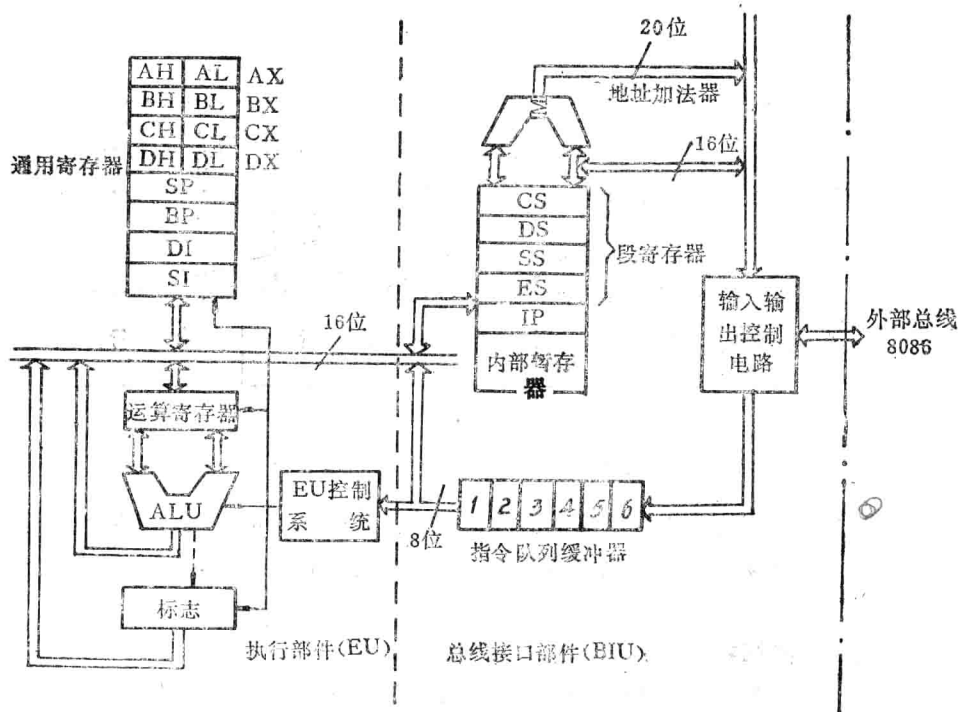


图 2-1 8086内部结构框图

EU由ALU（运算器）、通用寄存器和标志寄存器组成。负责全部指令的执行，向总线接口部件BIU提供数据和地址，并对通用寄存器和标志寄存器进行管理。

当EU准备好执行指令时，从BIU的指令队列中取出一字节指令目标代码，然后加以执行。如果EU到指令队列中取指令时，指令队列是空的，EU就处于等待取指令的状态。在指令执行的过程中。如果需要访问存储器或I/O端口，EU就请求BIU进入访问存储器或I/O端口的总线周期。

在CPU中，EU和BIU部件的操作是互相独立的。当指令队列的六个指令字节中有两个以上字节是空的，并且EU也没有要求BIU进入总线周期的时候，BIU就执行取指令周期，把指令队列填满。这样，取指令部分与执行指令部分是分开的。于是，在一条指令的执行过程中，就可以取出下一条（或多条）指令，在指令流队列中排队。在一条指令执行完以后就可以立即执行下一条指令，减少了CPU为取指令而等待的时间，提高了CPU的利用率和运行速度。

在8080/8085以及标准的8位微处理器中，程序的执行是由取指令和执行指令的循环来完成的。执行的顺序为取第一条指令，执行第一条指令；取第二条指令，执行第二条指令；……直至取最后一条指令，执行最后一条指令。在每一条指令执行完以后，CPU必须等待，到下一条指令取出来以后才能执行。所以它的工作顺序如图2-2所示。

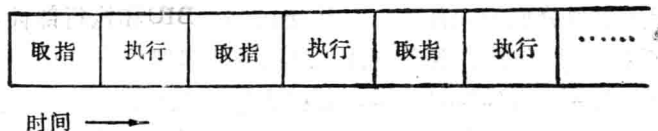


图 2-2 8080/8085程序执行顺序

在8086中，由于BIU和EU分开，所以，取指令和执行指令可以重叠，执行顺序如图2-3所示。

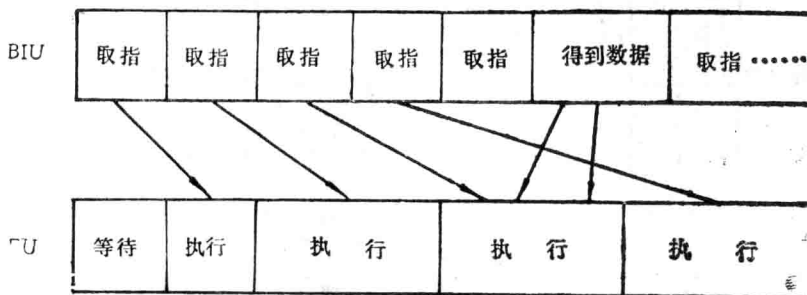


图 2-3 8086程序执行顺序

这样就大大减少了等待取指令所需的时间，提高了CPU的利用率。一方面提高整个执行速度，另一方面降低了对存储器存取速度的要求。这种重叠的操作技术，过去只在大型机中使用。

二、8086的寄存器结构

8086的寄存器结构如图2-4所示。最上面的4个寄存器是4个16位通用寄存器，用以暂存16位的操作数。其中，AX为累加器，其它三个16位寄存器用以暂存放操作数。它们的用途可用表2-1来说明。

表 2—1 通用寄存器的隐含特性

寄 存 器	隐 含 特 性
AX	字乘法, 字除法, 字I/O。
AL	字节乘法, 字节除法, 字节I/O, 转移, 十进制算术运算。
AH	字节乘法, 字节除法。
BX	转移。
CX	串操作, 循环次数。
CL	变量移位和循环。
DX	字乘法, 字除法, 间接I/O。
SP	栈操作。
SI	字符串操作。
DI	字符串操作。

8086也能处理8位数, 图2—4中的4个16位通用寄存器也可作为8个8位寄存器使用, 图中打斜线的部分相当于8080和8085中的通用寄存器。

8086中的堆栈指针SP类似于8080和8085中的堆栈指针, 用于确定堆栈操作时, 堆栈在内存中的位置。但在8086中, SP还必须与SS(堆栈段寄存器)一起才能确定堆栈的实际位置。

8086中增加了三个16位寄存器, 即BP、SI和DI, 增加了几种寻址方式, 从而能更灵活地寻找操作数。

在8086中的指令指针IP, 类似于8080和8085中的程序计数器PC。但是, 它们略有区别, 一方面8080和8085中的程序计数器PC是指向下一条即将要执行的指令, 而IP是指向下次要取出的指令, 这两者是有区别的; 另一方面, 在8086中IP要与CS寄存器相配合, 才能形成真正的物理地址。

8086中还有16位的段寄存器。代码段寄存器CS指向当前程序的代码段, 取指令就靠它进行寻址。堆栈段寄存器SS指向当前堆栈段, 堆栈操作时就靠它进行寻址。数据段寄存器DS指向当前的数据段, 数据段通常用于存放程序中的变量。ES附加段寄存器

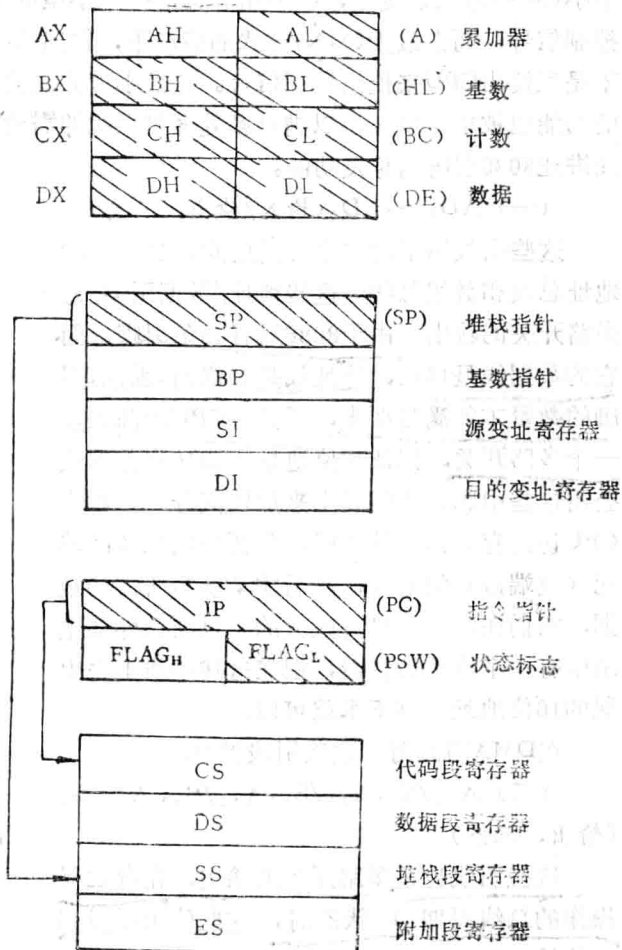


图 2—4 8086内部寄存器的组成

指向当前的附加段，附加段也是用于存贮数据。由于有这四个段寄存器，才使8086能在1^{MB}字节的范围内对内存进行寻址。

8080 和8085中，状态寄存器PSW是一个字节，有5个标志位；在8086中保存了这5个标志位，又增加了4个标志位，所以要占两个字节。如图2-5所示。

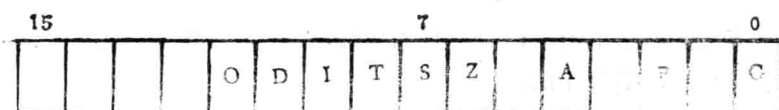


图2-5 状态寄存器PSW字

第二节 8086引脚及功能

8086是采用分时复用的地址总线 and 数据总线，因此，有一部分引脚具备两种功能，使40条引脚的封装能把整个CPU装进去。有一部分CPU控制引脚的功能，是由输入引脚MN/MX来定义的。在最小(MN)方式情况下，CPU用于构成一个小型的单个处理机的系统，CPU本身必须提供全部的控制信号；而在最大(MX)方式的情况下，输出的控制仅是通过Intel8288总线控制器提供的，并不是直接由CPU来提供控制信号。从最小方式改为最大方式时，有一部分引脚（即引脚24~31）的功能也被重新定义，以满足多处理机系统的需要。图2-6表示出8086的封装和引脚名称。下面讲述8086引脚名称及功能。

(一) AD₁₅~AD₀ (输入/输出，三态)

这些引线用于构成分时复用的存储器/I/O地址总线 and 数据总线。这些地址/数据引线是多路开关的输出。由于8086只有40条引脚，而它的数据线是16位，地址线是20位的，因此，引脚的数量不能满足要求，于是在CPU内部采用一个多路开关，把低16位地址线和16位数据线公用这些引脚。从时间上来加以区分。通常当CPU访问存储器或外设时，先要给出所访问单元（或端口）的地址，然后才是读写所需的数据，它们在时间上是可区分的。只要在外部电路中有一个地址锁存器，把在这16条线上先出现的16位地址锁存下来就可以。

在DMA方式时，这些引线浮空。

(二) A₁₆/S₆, A₁₈/S₅, A₁₇/S₄, A₁₆/S₃ (输出，三态)

这些引线也是多路开关的输出，在存储器操作的总线周期T₁状态时，这些线上是最高四位地址（也需要外部锁存）。这些线又可以用来作为状态信息（在其它T状态时）。在I/O操作时，这些地址线不用，全为低电平（T₁状态时）。但S₆始终为低电平；S₅是状态寄存器中中

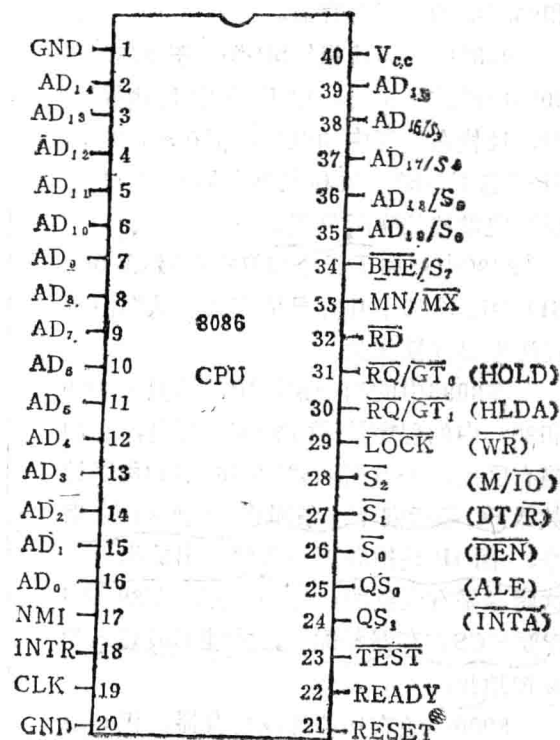


图2-6 8086 CPU 引脚说明