

PC 机在测量和控制中的应用

王 彤 编



哈尔滨工业大学出版社

TP273

W40

PC 机在测量和控制中的应用

王 彤 编

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了 PC 系列微型计算机在测量和控制中的应用。全书共分六章,第一章为 PC 系列微机的发展概况;第二章为常用的一些总线;第三章为测量和控制中常用的接口器件的使用方法;第四章为实时程序设计的方法,重点介绍了可屏蔽中断的中断程序设计;第五章为数据采集与处理系统的构成及 A/D、D/A 接口的使用,还介绍了数据采集与处理的常用方法,并给出了数据采集与处理系统的实例;第六章为计算机控制系统的构成和设计方法。

本书给出了许多例题和实用程序,可供读者深入理解和利用。

本书可作为本、专科学生的教材,亦可供从事计算机应用、航空航天测控系统、自动控制、自动化仪表、机电一体化等专业的读者参考。

PC 机在测量和控制中的应用

PCji zai Celiang he Kongzhi zhong de Yingyong

王 彤 编

哈尔滨工业大学出版社出版
新华书店首都发行所发行
黑龙江大学印刷厂印刷

*

开本 787× 1092 1/16 印张 15 字数 326 千字

1995 年 8 月第 1 版 1995 年 8 月第 1 次印刷

印数 1-5000

ISBN 7-5603-1098-2/TP·77 定价 15.00 元

前 言

PC 系列微机是国内外微型计算机的最主要的机型, PC 系列微机也广泛地应用于工业测量和控制领域中。本教材是在哈尔滨工业大学本、专科学生《PC 机在控制中的应用》课程讲义的基础上修改而成的。主要介绍 PC 系列微机的特点; 接口的使用方法; 实时中断程序的设计; 数据采集与处理; 计算机控制系统的设计等内容。本教材中给出的程序, 都是在 PC 系列微机上通过的。本教材的计划学时数为 40 学时左右, 上机实验 12 学时。

在本教材的编写过程中, 得到裴润、于长官、富历新、王子华、崔平、李晓霞、张晓华、董彩凤、邵纪群等同志的大力支持和帮助, 在此一并表示感谢。

限于水平, 疏漏难免, 敬请使用本教材的老师 and 同学批评指正。

编者

1995 年 6 月

目 录

第一章 PC 系列微机概述	1
§1-1 PC 系列微机的发展	1
§1-2 工业控制计算机与工业 PC	2
一、工业控制机的类型	2
二、工业控制机的特点	2
三、工业 PC	3
§1-3 86 系列微处理器	4
一、微处理器的发展	4
二、8088 微处理器	4
三、80286 微处理器	7
四、80386 微处理器	9
五、i486 微处理器	12
六、Pentium(奔腾) 微处理器	13
第二章 总线	16
§2-1 总线的概念	16
一、总线的分类	16
二、总线标准	18
§2-2 S-100 总线	19
§2-3 多总线 1(MULTIBUS1)	20
§2-4 STD 总线	23
一、STD 总线的形成和发展	23
二、STD 总线的引脚	24
三、STD 总线的信号说明	26
四、STD 总线模板	29
§2-5 VME 总线	29
§2-6 PC 总线 (XT 总线)	30
一、PC 总线的形成	30
二、PC 总线的信号说明	31
§2-7 ISA 总线 (AT 总线)	34
一、ISA 总线的形成	34
二、ISA 总线的信号说明	35

§2-8	MCA 总线	39
§2-9	EISA 总线	40
§2-10	VESA VL 局部总线	42
§2-11	PCI 局部总线	43
§2-12	IEEE-488 总线	45
一、概述		45
二、接口信号功能简介		45
§2-13	RS-232C 总线	48
一、概述		48
二、接口功能		49
三、RS-422A、RS-423A 标准		52
四、20mA 电流环		53
第三章	接口技术	54
§3-1	概述	54
一、接口的功能		54
二、I/O 接口的端口寻址		55
三、I/O 接口的控制方式		55
§3-2	PC 系列微机 I/O 接口配置	56
一、PC/XT 主板上的 I/O 接口芯片		57
二、PC/AT 机系统板上几个 I/O 接口芯片		58
三、286/386/486 微机的 I/O 接口芯片		59
§3-3	8255A 可编程并行接口	60
§3-4	8254 定时器/计数器	62
一、8254 的结构		62
二、8254 的工作方式		62
三、8254 的编程		65
四、8253/8254 在 PC 系列微机中的使用		66
§3-5	8259A 可编程中断控制器	68
一、8259A 的结构		68
二、8259A 的中断响应过程		69
三、8259A 的编程		70
四、PC 系列微机对 8259A 的编程		75
§3-6	82C206 外部设备控制器	77
一、DMA 子系统		78
二、中断控制子系统		78
三、定时/计数器子系统		78
四、实时时钟子系统		79

第四章 实时程序设计基础	80
§4-1 概述	80
一、操作系统	80
二、程序设计语言	81
§4-2 8088/80286 汇编语言的特点	84
一、86 系列 CPU 汇编语言的兼容性	84
二、8088/80286 的指令系统	85
三、伪指令和操作符	87
四、行编辑 EDLIN.COM 的使用	92
五、汇编语言程序上机的过程	95
§4-3 中断系统	95
一、中断源的分类	95
二、外部中断	96
三、微处理器中断(异常)	96
四、软件中断	97
五、几个常用的 DOS 功能调用	98
§4-4 中断程序设计	99
一、INTR 中断处理过程	99
二、中断向量的设置及获取	100
三、中断服务子程序	101
四、中断程序举例	102
§4-5 实验 I——实时时钟与中断	110
第五章 数据采集与处理	111
§5-1 微型机数据采集与处理系统的特点	111
§5-2 模/数(A/D)转换与数/模(D/A)转换	111
一、A/D 转换器	112
二、D/A 转换器	113
§5-3 接口的编码与变换	115
一、有符号整数的编码	115
二、分数二进制码与分数补码	117
三、单极性与双极性 A/D 接口	118
四、格雷码及其变换	119
五、MS-1215 模入模出接口板	120
§5-4 数据的预处理	123
一、数据校准	123
二、非线性特性的修正	124

三、去除奇异项	125
四、零均值化	126
五、趋势项的提取	126
六、测量数据的平滑	127
§5-5 离散傅立叶变换	128
一、傅立叶变换	129
二、采样定理	130
三、离散傅立叶变换	131
四、离散傅立叶变换的性质	133
五、快速傅立叶变换 FFT	137
六、离散傅立叶变换的应用	139
§5-6 数据采集与处理系统的构成	141
一、数据采集与处理系统结构	141
二、信号放大器	142
三、抗混滤波器	143
四、模拟多路开关	144
§5-7 数据采集与处理系统实例	145
一、实验水池造波机	145
二、汽轮发电机组信号监测故障诊断系统	148
§5-8 实验 II——A/D、D/A 与数据采集	151
第六章 计算机控制系统	156
§6-1 概述	156
§6-2 差分方程	156
§6-3 Z 变换	157
一、Z 变换的定义	157
二、Z 变换的基本定理	160
三、Z 反变换	162
四、用 Z 变换解差分方程	164
§6-4 脉冲传递函数	165
一、脉冲传递函数的定义	165
二、脉冲传递函数的求取	166
三、串联环节的脉冲传递函数	166
四、线性离散系统的脉冲传递函数	168
§6-5 线性离散系统的稳定性	170
一、s 平面与 z 平面的映射关系	170
二、线性离散系统稳定的充要条件	171
三、劳斯判据	172

§6-6 线性离散系统的时域分析	173
一、极点在 z 平面上的分布与瞬态响应	173
二、线性离散系统的响应过程	176
§6-7 线性离散系统的稳态误差	178
一、稳态误差与终值稳态误差	178
二、稳态误差系数	178
§6-8 数字控制器的模拟化设计	180
一、模拟化设计方法的条件和步骤	180
二、模拟校正装置的离散化方法	181
三、设计举例	184
四、离散化方法的比较	187
§6-9 数字 PID	189
一、PID 控制规律	190
二、PID 控制规律的离散化	190
三、PID 算法的改进	192
四、PID 参数的选择	198
§6-10 达林算法	203
§6-11 纯滞后补偿控制	207
§6-12 实验 III——数字校正	209
附 录 8088 微处理器指令表	211
参考文献	228

第一章 PC 系列微机概述

§1-1 PC 系列微机的发展

1981年8月美国IBM公司推出了以Intel 8088为CPU的个人计算机(Personal Computer),一般称为IBM-PC。IBM-PC机性能优良,技术开放,价格比较便宜,很快风靡世界。在此之后,IBM公司又相继推出了具有硬盘的IBM-PC/XT,以Intel 80286为CPU的IBM-PC/XT286和IBM-PC/AT。这些微机在硬件设计上保持了向下兼容的特点。IBM-PC、IBM-PC/XT和IBM-PC/XT286采用了62线的PC总线。IBM-PC/AT采用了在PC总线基础上扩充的98线的AT总线(ISA总线)。这个系列的微机都可以采用MS-DOS操作系统。MS-DOS1.0版本可用于IBM-PC。MS-DOS2.0版本支持硬盘,可用于IBM-PC/XT。MS-DOS3.0版本支持更大容量的硬盘和1.2MB的软盘,并增加了一些联网的功能,可用于IBM-PC/AT。

由于IBM公司对这些微机的技术公开,所以吸引了世界上一大批厂家按照这一标准生产各种兼容机和零配件。一些厂家还在IBM公司原设计的基础上进行了改进,生产出功能更强,价格更便宜的兼容机。IBM公司的PC系列微机及其兼容机成为这一时期微型机的主流。国产兼容机的代表如长城0520、长城0530。由于技术的公开性,PC系列微机也成为国内外许多学校的“计算机原理”课和“微机接口”课所分析和举例的主要机型。这就使更多的人了解和熟悉PC系列微机的软硬件技术。技术的公开性也使用户比较容易在这些微机上进行扩展,并用于测量和控制等领域。

1987年,IBM公司推出了以32位的Intel 80386为CPU的PS/2微机。PS/2微机在硬件和软件设计上与IBM-PC、IBM-PC/XT、IBM-PC/AT有很大不同,它大胆采用新技术,突破了原有传统体系的束缚。PS/2不采用PC总线和AT总线,而采用了微通道体系结构MCA。MCA与PC总线及AT总线不兼容,是一种新的总线标准,IBM公司申请了专利,在技术上实施保护。PS/2微机的操作系统也放弃了传统的MS-DOS,而采用OS/2操作系统。

由于IBM公司对PS/2微机在技术上实施保护,所以一些生产兼容机的厂家联合起来,走沿着AT标准继续往下发展兼容机的道路。这些以80386和i486为CPU的32位微机,在硬件结构上采用AT总线(ISA总线)和在此基础上扩展的EISA总线。这类机器的母板上往往有两种或三种扩展槽:数据通道是8位的PC总线扩展槽;数据通道是16位的AT总线(ISA总线)扩展槽;数据通道是32位的EISA总线扩展槽。这样,PC机和AT机上的一些功能扩展板仍可插在这些兼容机上使用。这类机器通常使用较高版本的MS-DOS操作系统,随着DOS版本的升级,功能也大大增强了。PC机和AT机上的大部分软件可以在这类兼容机上运行。这类32位兼容机的典型代表是AST386、COMPAQ386、长城386、浪潮386、联想386、AST486、COMPAQ486等。

§1-2 工业控制计算机与工业 PC

一、工业控制机的类型

目前,我国使用的工业控制机可以分成以下三种类型:

① 分布式工业控制计算机系统,简称 DCS(Distributed Computer System),也叫作分散控制系统或集散控制系统。它是基于 4C 技术(计算机、控制、通讯和 CRT 图象)而发展起来的一种综合性计算机控制系统。DCS 是采用网络通讯技术,将分布在现场的控制站、采集站与操作中心的操作员站、工程师站及管理站联接起来共同实现分散控制、集中管理的系统。分布式工业控制计算机系统采用分层递阶结构,如分成直接控制级、过程管理级、生产管理级和经营管理级,是一种多级计算机控制系统。它一般用于大型企业连续生产过程的控制和管理,如电力、石化、冶金、建材等生产过程。

② 可编程序控制器,简称 PLC(Programmable Logical Controller)。PLC 的应用领域主要是逻辑控制、顺序控制,取代以前的继电器,现在又发展到可以进行过程控制。PLC 产品在抗电磁干扰、耐工业有害气体的腐蚀、高温、粉尘的影响等方面有较高的能力。在可靠性方面,由于半导体元件的改进和回路构成技术的提高,PLC 的平均无故障时间已达到几万小时。在操作上简单易学,用户使用起来比较方便,因此得到广泛的应用。目前,国内应用的 PLC 以小型较多,这些小型系统一般有几十个 I/O 点的规模。由于轻巧方便、易于安装,深受机器生产厂家的欢迎,主要用在印刷机、注塑机及电镀生产等机器设备上,替代原来的继电器控制,使机器设备具有自动控制功能,从而提高了控制档次和操作效率。现在,PLC 联网的系统也逐渐得到应用。

③ 各种总线结构的工业控制机 OEM(Original Equipment Manufacture)板级产品和整机。例如 STD、PC、ISA、VME、MULTIBUS 总线的产品。这类工业控制计算机配置灵活,使用方便,适应性强,是工业控制机中使用最普遍的。特别是 PC 和 ISA 总线的工业控制机,与 PC 系列通用计算机有良好的兼容性,更受用户的欢迎。

二、工业控制机的特点

工业控制计算机主要应用于工业实时测量和控制系统,与一般通用计算机有着不同的特点。实时测控系统对工业控制计算机的要求主要有以下几个方面:

1. 实时性

实时性是指对外部事件的快速响应能力,工业生产过程有实时性的要求,工业控制计算机要在限定的时间内对外部事件作出反应。如按一定的频率检测系统中的有关信号,完成控制算法的计算,输出控制信号。还要随时处理工件到位信号、各种故障和突发事件,显示必要的图形和数据,完成记录和报警等各项任务,这就要求计算机的响应速度快,具有完善的多级中断处理系统,还应配有实时时钟以便精确地定时。

2. 要有现场信号的输入输出通道

在计算机测控系统中,计算机要从工业现场采集各种信号,还要输出控制信号。这些信号可能是模拟量、数字量或者是开关量。这就要求计算机有模拟量、数字量和开关量的输入输出通道。

3. 可靠性高

工业控制计算机的工作环境可能比较恶劣,工业现场的电磁干扰比较强,温度变化大,湿度大,振动和冲击较大,还可能有粉尘和腐蚀性气体,因而要求计算机在这样的条件下要保持高可靠性,即平均无故障时间(MTBF)长,平均修复时间(MTTR)短。

4. 要有完善的软件系统

工业控制计算机应能配置丰富灵活的软件资源。程序设计语言要有处理中断、控制端口的输入输出、直接访问物理地址和进行位操作的功能。为了满足实时性的要求,软件的执行速度应比较快,数据处理的能力应比较强,必要时,可采用几种语言混合编程,以发挥各自的长处,也可以配置专用的控制语言。如能配置实时多任务操作系统,会使编程更简单,功能更完善。

三、工业 PC

PC 系列微型机是当前微型机的主要机型,它拥有最广泛的用户。在软硬件上与 PC 系列微机兼容的工业控制计算机称为工业 PC。目前,工业 PC 采用的总线结构主要是 ISA 总线、EISA 总线及 MCA 总线,数据通道为 8 位的 PC 总线,现已很少使用。为了适应对工业控制系统的需要,工业 PC 在结构上作了一些改进,例如:取消了大母板,采用小板结构,有锁紧加固装置,抗振动性能好,可适用于车载、船载、机载等强振动场所;采用全钢结构机箱,可以防止电磁干扰;采用高可靠的工业级电源;内部正压送风散热,并有滤尘装置,防止灰尘进入机箱;驱动器有橡皮缓冲结构,并装有驱动器门及门锁,防尘、防振、防误操作;为用户提供了可擦写的静态存储器固体磁盘,用以固化应用软件、存放实时数据,从而可以取消带有活动部件易损坏的硬盘或软盘;可以配置时间监视器(Watch Dog 俗称“看门狗”),在计算机受到强干扰、程序“跑飞”时,可以重新启动。

随着超大规模集成电路工艺的发展,计算机芯片的集成度越来越高。许多工业控制机采用 All-in-one 的模板设计方式,将主机集成在一块印刷板上,过去要由系统总线传输的信号,现在都由板内布线完成,这就避免了由系统总线形成的“瓶颈效应”。这种方式板内信号传递较快,功耗小,可靠性更好。例如,与 PC 机兼容的嵌入式 PC/104 标准产品,具有体积小、功耗低、模块化、全 CMOS 结构的特点,适合应用在智能仪表、通讯产品、机床控制等方面。

国内许多单位研制生产工业 PC 整机及各种扩展板,如电子部六所、北京华远自动化系统公司、北京工控机厂、上海康泰克电子技术公司、航天工业总公司 502 所康拓集团等。

STD 总线的工业控制机也有使用 MS-DOS 操作系统,在一块 STD 小模板上集成了相当 PC/XT 机主机全部功能的产品,如 V20、V40、V53 等。这种系统也称之为 STD-PC 工控机,它已成为国产 STD 总线工控机的主流机型。

§ 1-3 86 系列微处理器

一、微处理器的发展

在当今的时代,计算机的发展和升级换代非常快,计算机的升级换代主要体现在 CPU 的升级换代。世界上研制和生产微处理器的厂家很多,影响比较大的是: Intel 公司、Zilog 公司、Motorola 公司等。Intel 公司在 1971 年首先推出 4004 和 8008 微处理器芯片,这是第一代微处理器。

1974 年,Intel 公司推出第二代微处理器 8080,在这一时期, Zilog 公司研制出了 Z80 微处理器 Motorola 公司研制出了 6800 微处理器。1976 年, Intel 公司又生产了增强型的微处理器 8085。这些第二代微处理器都是 8 位的,一般采用 NMOS 工艺,平均指令执行时间为 $1 \sim 2\mu\text{s}$,时钟频率为 $2 \sim 5\text{MHz}$ 。

1978 年, Intel 公司推出的 8086 是第一个 16 位的微处理器,这是第三代微处理器的起点。鉴于当时外围芯片多数是 8 位的,而且价格便宜, Intel 公司于 1979 年又生产了一种准 16 位的微处理器 8088。8088 的寄存器是 16 位的,而外部数据通道是 8 位的。IBM-PC、IBM-PC/XT 均采用 8088 为 CPU。1982 年, Intel 公司又推出了功能更强的 16 位微处理器 80286, IBM-PC/AT 采用 80286 为 CPU。在这期间, Zilog 公司和 Motorola 公司也生产了各自研制的 16 位微处理器 Z8000 和 68000。这些第三代微处理器都是 16 位的,一般采用 HMOS 工艺,芯片上集成了几万个晶体管,主频 $5 \sim 10\text{MHz}$,指令执行时间约 $0.5\mu\text{s}$ 。

1983 年 NS 公司率先推出 32 位的第四代微处理器 32032。Motorola 公司 1984 年推出了 32 位微处理 68020。Zilog 公司 1984 年推出了 32 位微处理器 Z80000。Intel 公司于 1985 年推出了 32 位微处理器 80386。1987 年, IBM 公司采用 80386 为 CPU,生产了高性能的新一代微机 PS/2。1989 年秋, Intel 公司又推出了性能更好的 32 位微处理器 i486,其系统性能是 80386 的 $2 \sim 4$ 倍。1993 年, Intel 公司推出了具有 64 位数据总线的微处理器 Pentium,也称为 P5, 586,中文译名为:“奔腾”。

二、8088 微处理器

1. 8088 的特点

1979 年, Intel 公司推出的准 16 位微处理器 8088,其内部是 16 位的体系结构,有十四个 16 位的寄存器。它的外部数据总线是 8 位的,这样可以方便地使用 8 位外围芯片。8088 采用 N 沟道耗尽型硅栅技术 (HMOS),集成了近 2.9 万支晶体管。该芯片是 40 引脚双列直插式封装,标准时钟频率为 5MHz ,电源采用正 5 伏。

8088 微处理器从功能上来说可分为两大部分:总线接口单元 BIU 和执行单元 EU。取指令和指令的操作在时间上是并行的,是一种流水线工作方式,因而加快了程序的执行速度。

8088 有两种工作方式:最小系统 (MN) 方式和最大系统 ($\overline{\text{MX}}$) 方式。工作在最小系统方式,可构成一个小型的单处理机系统。工作在最大系统方式,可组成存贮容量

很大的多处理机系统。在最大系统方式时，需要通过 8288 总线控制器向存储器和 I/O 设备传送控制信号。在 IBM-PC、IBM-PC/XT 机中，8088 采用最大系统方式工作。

8088 的地址线是 20 条，直接寻址能力为 1MB。它的数据线是 8 条，与地址线的低 8 位共用管脚，只在时间上加以区分，分时复用。

8088 的指令系统与 8086 完全相同，有 24 种操作数寻址模式，具有对字节、字和字组 (Block) 进行操作的能力。8088 既能执行 8 位，又能执行 16 位的二进制或十进制算术运算，具有乘法和除法指令。如果与 8087 数学协处理器配合使用，可以大大扩展 8088 的数值处理能力，并加快运算速度。

2. 8088 的寄存器

8088 有十四个 16 位的寄存器，如图 1-3-1 所示，包括通用寄存器、指令指针寄存器、标志寄存器和段寄存器。

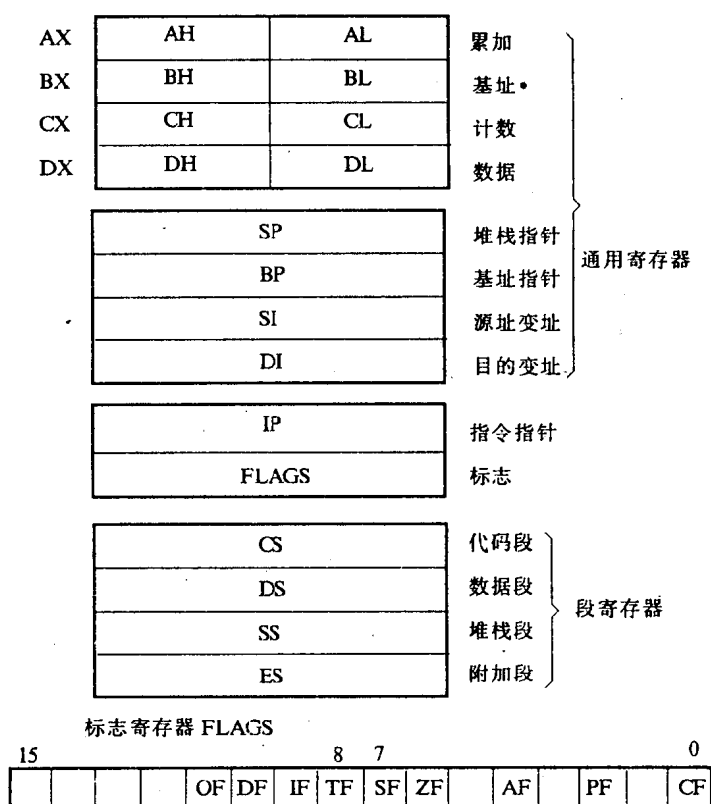


图 1-3-1 8088 的寄存器

(1) 通用寄存器

8088 有八个 16 位的通用寄存器，这八个通用寄存器又分两组。一组称为数据寄存器，包括 AX、BX、CX 和 DX 共四个。它们中的每一个都可以分成两个 8 位的寄存器：AH、AL、BH、BL、CH、CL、DH 和 DL。它们用来在 CPU 内部暂存 16 位或 8 位的数据，并有累加器运算能力。

AX 是一个最常用的累加器。对于同样的运算，使用 AX 要比其它 3 个数据寄存器能产生更短的指令目标码和更快的执行速度。CPU 与 I/O 端口进行信息交换时，只能使用

AL或 AX作为数据寄存器。

BX可作为一个累加器参加运算，也可以在计算地址时作为基地址寄存器。它具有数据寄存器和地址寄存器的双重功能。

CX常作为迭代控制指令或字符串操作指令的重复次数计数器。CL可作为位处理指令的移位计数器。

DX常用来扩展AX。在进行乘法或除法运算时，DX用来存放32位乘积或除数的高16位。另外，在CPU以寄存器间接寻址方式访问I/O端口时，只能使用DX寄存器作为端口地址寄存器。

通用寄存器的另一组是指示器和变址寄存器，包括SP、BP、SI、DI。它们只能作为16位的寄存器使用。对于在一个段内的寻址，这些寄存器内通常存放的是偏移地址。

SP是堆栈指针，用于指示堆栈段内栈顶的位置。

BP是基地址寄存器，一般用来对堆栈段寻址，存放堆栈段内某一数据区基地址的段内偏移量。

SI是源变址寄存器，在字符串操作时，放源字符串的偏移地址。

DI是目的变址寄存器，在字符串操作时，放目的字符串的偏移地址。

(2) 段寄存器

CS、DS、SS和ES是段寄存器。他们都是16位的寄存器，用来存放段的基地址。8088的直接寻址能力达1MB存储空间，即能提供20位的地址信息。但它内部的寄存器是16位的，一个寄存器所能处理的地址信息是16位，因此我们将存储器分段管理，每段最大是64KB。每段的起始地址称为段基地址，位移量或偏移地址是某段内指定存储器单元到段基地址的距离。物理地址由段寄存器内的段基地址乘16再加上偏移地址得到，其计算公式为

$$\text{物理地址} = \text{段基地址} \times 16 + \text{偏移地址}$$

CS是代码段寄存器，存放当前执行的程序所在代码段的基地址。这个段寄存器的内容乘以16，再加上指令指针（IP）的内容，就是下一条要执行的指令的存储地址。

DS是数据段寄存器，用来存放当前数据段的基地址。数据段通常保存程序中的变量。

SS是堆栈段寄存器，存放当前堆栈段的基地址。堆栈是存储器中的一种数据结构，它的作用是暂时存放数据和地址，在调用子程序和中断时，保存返回地址，也可以保存子程序要使用的寄存器的内容。

ES是附加数据段寄存器，用来存放附加数据段的基地址。

(3) 指令指针寄存器

IP是16位的指令指针寄存器，用来存放正要取出的指令地址的位移量。CPU到存储器取指令的物理地址是这样获得的：

$$\text{指令码物理地址} = (\text{CS}) \times 16 + (\text{IP})$$

(4) 状态标志寄存器

状态标志寄存器FLAGS也称为PSW，它是一个16位的寄存器，但只使用其中9位：CF、PF、AF、ZF、SF、OF等6位表示算术和逻辑运算结果特征的状态标

志；其余 TF、IF 和 DF 等 3 位作为程序控制标志，用来控制 CPU 的工作条件。

① CF 进位标志：进行 16 位或 8 位加、减运算时，若最高位产生进位或借位，则将 CF 置 1；否则 CF 为 0。进位标志多用于字节加、减运算，作为低字节向高字节的连接。循环和移位指令也会影响 CF 标志。

② PF 奇偶标志：若运算结果中含“1”的位的总数为偶数，则将 PF 置 1；若为奇数，则将 PF 清 0。此标志一般用来检测数据传输中是否发生错误。

③ AF 辅助进位标志：当进行 8 位数或 16 位数的低 8 位运算时，低 4 位向高 4 位（即第 3 位向第 4 位）有进位或有借位，则将 AF 置 1；否则 AF 为 0。此标志用于校正 BCD 编码的十进制算术指令操作。

④ ZF 零标志：若运算结果为 0，则将此标志置 1；否则 ZF 为 0。

⑤ SF 符号标志：它的值与运算结果的最高位相同。结果的最高位（字节操作时为 D_7 ，字操作时为 D_{15} ）为 1，则 SF 置 1；否则 SF 为 0。在 8088 中，有符号数通常是用补码表示的，所以 SF 表示结果的符号，SF=0 为正，SF=1 为负。

⑥ OF 溢出标志：在算术运算中，带符号数的运算结果超出了 8 位或 16 位带符号数能表达的范围，即在字节运算时大于 +127 或小于 -128，在字运算时大于 +32767 或小于 -32768，则 OF 置 1；否则 OF 为 0。

⑦ IF 中断允许标志：若 IF=1，则允许 CPU 响应外部可屏蔽中断的中断请求；若 IF=0，则屏蔽上述的中断请求。IF 的状态对不可屏蔽中断和内部产生的中断无影响。可使用开中断指令 STI 对 IF 置 1，使用关中断指令 CLI 将 IF 清 0。

⑧ DF 方向标志：当 DF=1，表示执行字符串操作时，从高地址开始向低地址逐个处理，即串地址自动减量，又叫作“从右到左”操作；若 DF=0，表示从低地址向高地址逐个处理，即串地址自动增量，又叫“从左到右”操作。

⑨ TF 陷阱标志（单步标志）：TF=1，表示 CPU 以单步方式执行程序，即 CPU 每执行完一条指令，就自动产生一次内部中断。可使用此功能来进行程序调试，跟踪指令执行结果。操作者能逐条执行指令，每执行一条指令，就停下来检查该指令执行后的结果。

三、80286 微处理器

1. 80286 的特点

1982 年 Intel 公司推出了一种高性能的 16 位微处理器 80286，它在一个芯片上集成了 13.4 万个晶体管。80286 是一种方形芯片，68 个引脚，每边 17 个。它有 24 条独立的地址线，16 条独立的数据线，地址线和数据线不再采用分时复用的方式。80286 的主频有 6MHz、8MHz、12MHz 等几种。

80286 内部可分为执行单元 EU、总线单元 BU、指令单元 IU 及地址单元 AU。这四个部分相互独立，并行操作，大大提高了数据吞吐率。

80286 有两种工作方式：实地址方式和受保护的虚地址方式。

在实地址方式中，80286 兼容了 8086/8088 的全部功能。80286 与 8086/8088 是软件目的代码相兼容的，8088 的汇编语言程序可以不作任何修改就在 80286 上运行。在实地址

址方式下，80286 有 1MB 的直接寻址能力，只使用 20 条地址线。IBM - PC/AT 机使用的 MS - DOS 操作系统只支持实地址方式。

在受保护的虚地址方式中，80286 把实地址方式的能力和存储器管理、对虚拟存储器的支持以及对地址空间的保护集为一体，从而使 80286 能可靠地支持多用户系统。80286 在受保护的虚地址方式下，除了执行一个与 8088 指令集完全向上兼容的高级集以外，还提供存储管理和保护机构以及有关的指令。在受保护的虚地址方式下，物理地址为 24 位，内存实空间为 16MB。

2. 80286 的寄存器

80286 的寄存器如图 1-3-2 所示，对 8088 是向上兼容的，有十四个与 8088 同名的寄存器 AX、BX、CX、DX、SP、BP、SI、DI、FLAGS、IP、CS、DS、SS 和 ES。在实地址方式下，它们的作用与 8088 相同。80286 的标志寄存器 FLAGS 增加了两个字段 IOPL 和 NT，另外增加了一个 16 位的机器状态字寄存器 MSW。新增加的标志位和 MSW 如图 1-3-3 所示，主要用于受保护的虚地址方式。

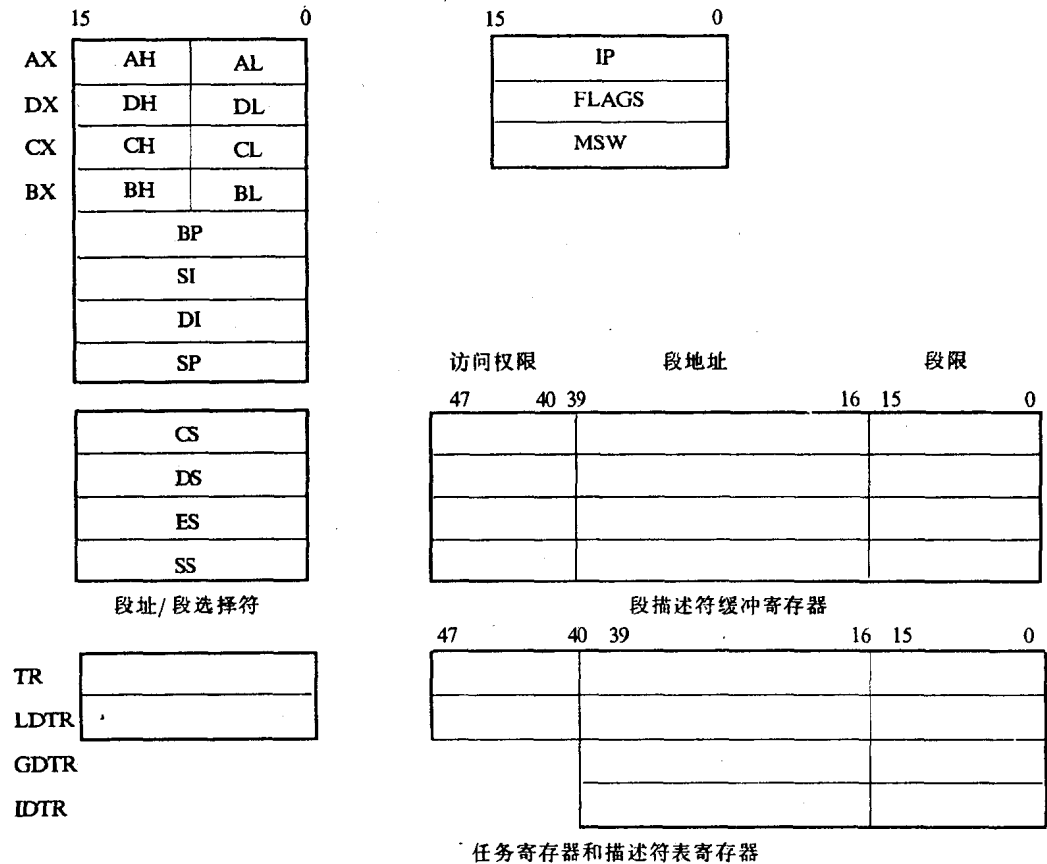


图 1-3-2 80286 内部寄存器

在受保护的虚地址方式下，4 个段寄存器中存放的不再是段地址，而是段选择符。为此，每个段寄存器扩展了 48 位，这扩展的 48 位称为段描述符缓冲寄存器。此外，80286 还有任务寄存器 TR、全局描述表寄存器 GDTR、局部描述表寄存器 LDTR 和中断描述表寄存器 IDTR，它们全都用于受保护的虚地址方式下。