适用IBMPC／AT

80286

软硬件系统剖析

H

北京中国科学院希望电脑技术公司

适用IBMPC/AT

软硬件系统剖析

北京中国科学院希望电脑技术公司

序　言

Intel 80286是一个功能齐全，威力强大的微处理器。在个人电脑AT以及最新的PS/Z型50/60型电脑中，IBM采用它做为主要的处理器。80286的工作模式包括实地址模式和保护模式。在实模式下，它与8086的功能兼容，但执行速度提高百分之一百五十。在保护模式下，80286有内部的存贮管理单元，可以处理虚拟寻址，优先级保护，直接支持多任务环境。若加上协处理器80287，则可以加强其数值运算能力。

本书从80286最基本的功能谈起，配合丰富的例子，循序渐进，介绍了80286所有与众不同的特征。在本书的最后两章，还提出了80286的软件与硬件设计的实际例子。让读者彻底了解80286的内部功能。同时也是一本有志从事80286实际设计者，不可多得的好书。

目　录

第一章　80286与这本书

电脑在过去的二十年间朝向许多不同的方向发展，特别是以微电子为基础的电脑有惊人的发展。微电脑从七十年代中期，典型的仅具较小能力与可变化性的不重要系统，演变到今日的快速且多变化性的系统。由于微芯片技术的进步及新应用的丰富想象力，使得微电脑在珍奇的机器到极重要的控制器，及数据处理机中，都有它的踪迹。

似乎在我们一眨眼的功夫，有人就发表了一个新的，对微电脑设施的重大改良。如电脑的内存，在容量上不断地提高与突破，而其物理尺寸却缩小了。电脑的辅助电路，仅是在昨天还需要数百个元件来组成，而现在却结合成一个如手掌大的集成电路上，但其中最重要的，则为微处理器，即微电脑的中央处理器。微处理器已经迅速地进展到一个复杂的新水平。它与我们通常使用的更大而且更贵的小型电脑，在处理能力与速度上是相抗衡了，最新的处理芯片被称作“超级微处理器”（Supper—micros）Intel公司的80286是这些超级微处理器中最著名的一个。

关于80286

读者可以将80286（IAPx286的非正式名称）想象成一个有效且最有力的微型计算引擎，这个芯片的处理能力，来自于它能快速地执行指令的能力，及复杂的内藏（Builf—in）系统特征的配置。老实说，这个CPU是在一个单芯片上所发展最复杂的软件处理器之一。

80286为了应用而装配的与众不同的特征，在传统上并不属于微处理器的，举例来说，这芯片由于有独特的保护特征，因此在维护软件及数据完整性方面特别有效。使得这个CPU在需要程序及数据安全性的应用中，成为最佳的选择，80286在芯片上有它自己的存贮管理部件，以支持虚拟存贮寻址。因此，80286能管理可用的存贮工作区，比以前的微处理器做得更好，并且不需要额外的内存管理部件。保护、内存管理及虚拟存贮寻址的结构，使得这个微处理器在多用户（Multi—user）及多任务（Multi—task）软件的执行，特别有效。

80286还有一项特征，使得它对软件开发者有很大的吸引力。即它的指令集与非常普遍的8088/8086微处理器家族兼容（Campatible）。Intel对80286的设计目标之一，就是使这一系列的微处器能够向上兼容。这种兼容性有许多优点，举例来说，80286能够执行原来为8088/8086处理器所写的软件，总不需要修改。这种事实有助于工业界对80286的接受。当然，80286还有它自己一些与众不同的特点，使得程序员能编出更快且更有力的程序。

关于80286的结构

80286芯片上的CPU结构有几个新的概念，这个处理器在结构外围加了一个内存管理部件（Memory Management Unit），允许多个任务在同一CPU上执行，而不互相干扰。这种装在芯片上的内存管理部件（简称MMU）的设计，大大地扩展了芯片的能力。虽然在这个之前，已经有外部的内存管理部件的设计，本质上，在整体的管理能力仍受限制。Intel的设计者将基本的MMU功能设计在80286里面，以消除对外部MMU的需求。同时并加以扩展到包括任务管理及任务的保护，为了真正认识这方面的意义，让我们稍微花些时间复

习一下在80286之前的MMU是如何做的。

非80286环境的标准内存管理功能是在CPU外部实施。举个例子，较早Intel出的“系统86/380”有个外部的内存管理，在运行Xenix-86时就使用它。Xenix-86是个多用户操作系统；同样的，其他以微处理器为基础（Microprocessor-based）的系统也需要一个外部的内存管理的硬件，通常是由用户自己设计的高速逻辑。这种外部设计的特性在精巧等级上受到限制，即它能做到多少“管理工作”的限制。同时，由于这种外部合成的MMU是由用户设计，它的控制或操作上不可能有任何标准化可言。因此，这也是使得软件设计者很难写出真正的“可移植的”（Portable）程序的原因之一。

80286为了高级的应用，在微处理器结构上具有两项深有意义的优点而这两项优点均是它专有的存贮管理部件。第一项是80286不需要外部的MMU设施，它已将这些集成在一个芯片上，而MMU集成的结果，在可用内存存取的时间上有较佳的性能，并且更容易保证软件的移植性。第二项是CPU中内部的内存管理硬件比以前使用的MMU更加精明。它能做到完全的任务管理，并将系统用保护机制(Protection Machanism)保护起来。这种多任务管理是以硬件去支持多任务性能，及保护机制，提供了保证有关系统的完备性。

80286的性能

在上面，我们已经讲过80286的结构上的优点及软件的可移植性。现在我们来看看它各方面的性能优点。事实上，性能是使用者被特别的处理器所吸引的一项主要因素。

CPU的性能与它整体能力的关系非常密切，而这些能力却取决于它内部的设计。8086及8088处理器中包含了40,000个门电路。这些门电路形成了各种内部处理单元。例如算术逻辑单元(ALU)，数据寄存器，地址缓冲器，指令译码器，及程序计数器（Program Counter）。再看80286则有130,000个门电路，超过前述的三倍以上。因此，80286的设计者在此芯片上有足够门电路，能很容易地模拟8088/8086芯片上的所有功能，并增加许多新的特征，如此普遍地提高了整个80286的性能。

在80286芯片中，专为加强8088/8086性能而增加的门电路仅占百分之四十。新增加的门电路大部分实际用于做出新的结构特征，例如内存管理，任务管理及保护设施等，虽然只以新增加的百分之四十，约36,000个门电路纯粹用来增强性能，但却使80286的性能改进很多，而加快了指令的执行，举个例子，在表1.1中的CPU指令执行情形可以看得出来。一般而言，80286至少比8088快了3.5倍，至少比8086快2.5倍。

表1—1 8088，8086及80286指令的性能

机器指令例子	8088时钟计数	8086时钟计数	80286时钟计数
MOVAX, [BX+DI]	23	19	5
JMP [BX+DI]	26	26	7
ADD [BX+DI], DX	31	23	5
SUB [BX+DI], CX	31	23	5
MUL AX, [BX+DI]	144	140	24
DIV AX, [BX+DI]	171	167	25

由于每个指令执行速度的大幅度提高，任何程序在80286上运行，将比在8088或8086上执行快好几倍，如果读者还记得仅加上百分之四十的新电路以增强性能，而80286所增加的性能却超过增加的电路比例。原因在80286处理速度的加快来自于称为“总线”的技术，这也是此芯片新增加的项目之一。

内部的总线结构，使得80286的每个电路比串行（非总线式）的提供更好的性能。在总线结构中，几个紧密交连的内部单元，其各个功能能够同时重复地工作。即指令译码、ALU作业、有效地址计算，总线周期等，数个指令可以同时执行，如图1.1所示。对一个CPU的设计言，有内部总线结构的80286是很大的进步，这也是80286能加快执行程式的主要原因。

80286中的四个总线部件，包括：

指令部件

执行部件

寻址部件

流水线部件

这些CPU中的部件及它们在工作时的各别功能，在图1.2的处理器方块图中表示，各部件间主要的联系以箭头表示方向。在实际的80286芯片中，其总线有控制与数据这两种信号，仔细看过图1.2后读者将有个概念。即使在各单位内所表示的各个附属功能，大概要10,000至15,000个电路，而所有这些复杂的功能都放入芯片中，使得80286微处理器更容易使用。

到现在，读者们将同意我们的结论，特别对微处理器来说，80286是一个与众不同而且超级的处理引擎。同时80286在新的微处理器与软件应用的扩大范围内，提供了所希望的功能与特征。至此，读者们的心中可能已有一些应用的构想了。但读者对这芯片的实际工作可能有成百个问题要得到解答，而我们也知道读者们将有这些问题，这本书将仅可能的解答这方面的问题。

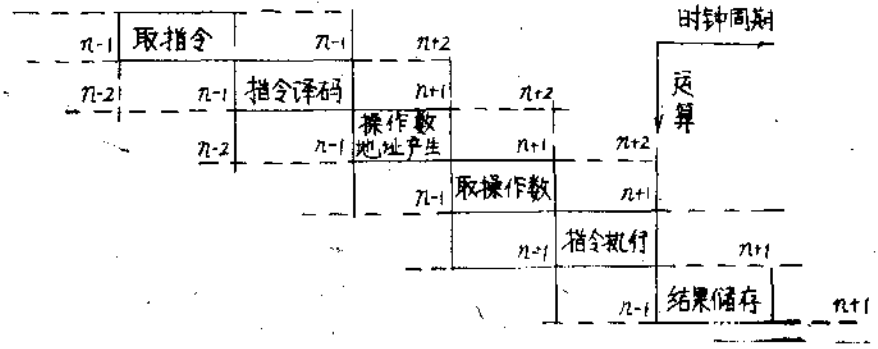


图1—1 80286指令总线

关于这本书

在以下十个章节中，读者将学到80286微处理的实际概念，及使它良好工作的技术，包括这个芯片的多任务结构的基础，及一些关于它如何制做的有趣的事实。同时，新的任务保护模式，也将完全地解释清楚，另外，将看到它能寻址到数百万位字节内存的能力，以及它在多任务环境下有效地管理这些内存的独特方法。

本书大部分的内容在探讨80286结构及操作的高级特性，而大部分与8088/8086微处理器相同的功能，则不再强调。如此，我们就较能集中于以前所没有的80286的独特概念，如果读者觉得需要对8088/8086的操作多了解一些，则请参考其它有关的资料。例如Maife与Waife合著的“8086/8088 16 Bit Microprocessor Primary”等书。

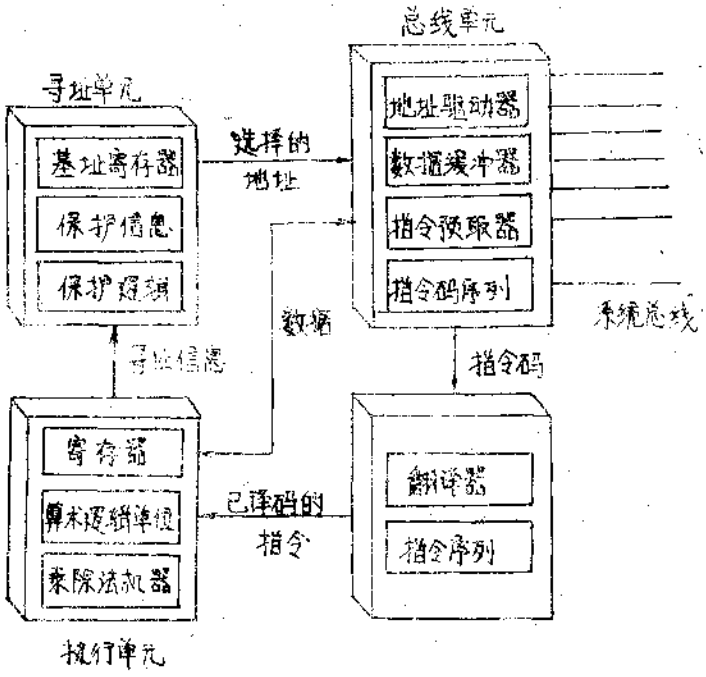


图1—2 80286框图

本书将对80286与它的协处理器80287的高级用法做透彻的探讨。第2章是解释由于80286的新结构所带来的好处。接下来，有两个章节讨论80286及协处理器80287的资源（寄存器，寻址模式，及数据类型等）。如果读者已经熟悉8088/8086微处理器，则可将它看成是一段复习。第5章至第9章将详细讨论80286的新特性，从这几章中，读者将得到有关80286的新结构，操作及写程序等的基本重要资料。第10章是介绍两个较复杂的程序例子。这是实际在80286上，产生实际多任务软件系统的集成内存管理部，及任务管理的功能。由此可以支持分时的使用者工作，及实时I/O的工作。本章也包括一些图形及内存分配图，使读者能方便地看到程序的动作。。第11章谈到一些比了解这CPU更深入的主题，包括对一个完整的80286硬件系统的测试计划，设计及查错等。设计方面与IBM PC/AT的外围电路类似，并且可以运行本书提供的多任务软件的例子。

本书可以帮助读者对整个80286的了解，为保持主题的生动活泼，我们选择了以举例为主的格式。如此，可以强调出重点，并且容易了解。因此，读者若要得到最大的学习效果，我们建议将本书的例子，完全的验证一遍。这些例子不仅介绍新的观念，它们也展示了这个芯片在实际工作时的情形。一般来说，本书在制作内容上已尽量求其精确，并且与实际情形尽量配合了。

第二章　任务切换与特权层介绍

独特的设计，微处理器的结构结合强有力的观念，若再加上创造性的软件，那么工作起来将有如高性能机器，象那样完美干练的结构将会提供数种方法来存取数据，合适的寄存器资源，给程序及数据足够的地址空间。80286就是基于上述这些前提来设计的，并且提出两个新而有力的观念：任务切换及多重特权层（Privilege Levels）。

因为能用内部功能执行任务切换，80286有个新的多任务结构，而将创造性的动力交到读者的手中。如同多任务机器一样，它完全的支持许多分离的软件环境——即任务，及一个很容易的切换方法：从一个任务切换到下一个任务。同时因80286提供的特权层，提供完全的保护结构，将加强式的可靠性的最新水平，置于以微处理器为基础的系统的领域中。

能干的286

如图2.1所示，80286是Intel第三代多任务结构中的第一个成员，因具有高级的系统特征，而达到适应性的新境界。除了在处理数据的适应性，在控制程序流及允许加入协处理器80287以扩展它的指令集方面，当读者在开发以软件驱动的系统时，将会发觉80286提供许多有用的新选择。

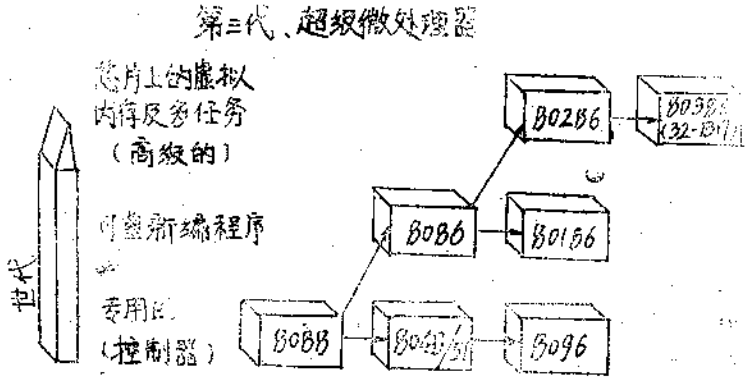


图2—1　微处理器结构的映系

在80286系统中的软件模块，依照其功能，可分布于四个特权层之中，如此一来，80286系统可设计成平板式的，即将所有的软件全放在同一特权层中，或者设计成有层次性的高达4个特权层系统。此外，软件还可以依照任务性质加以区分。可能是使用者的应用任务，调度任务，输入任务，输出任务等等。以80286为基础系统的软件能做一件任务，或甚至高达上千任务。

特权层与任务是80286的基本特色。这种复杂的特色是，能成为一个“超级微处理器”的基础能力。如此，在运行Unix多用户的操作系统或窗口软件就不需要外加的硬件，来做保证或内存管理工作。

微处理器结构中的每一新环境，都为您提供一个新的自由度，因此读者很自然地想知道80286在这新的环境中如何操作。换言之，读者们想知道现在是执行那一个任务及在那个特

权层中，现在就让我们见识一下任务及特权层的新环境，因为那是了解80286的基础。

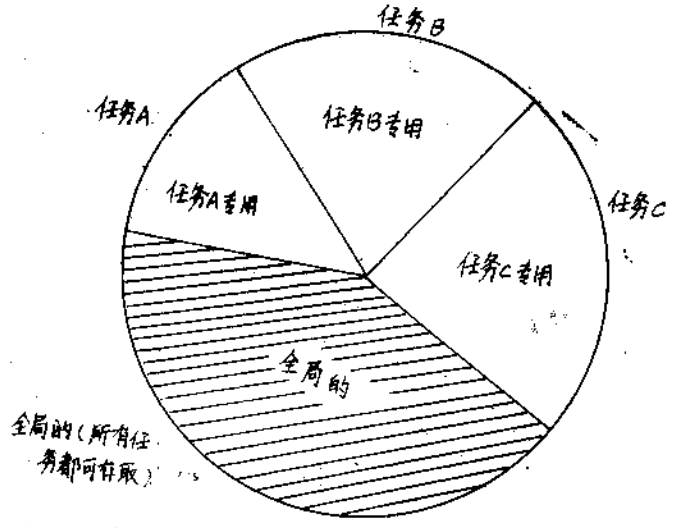
现行任务

任一瞬间，80286在执行某一任务的程序，则该任务称为现行任务。

所谓“任务”就是可以执行程序的环境。“任务”有现行的执行状态，即是其寄存器的现行状态，而80286的“任务”即被限制而仅能在它的任务环境中执行，这种特性使得80286在“多任务”应用下极为适用。

更仔细地说，任务环境包括（1）CPU的寄存器状态，(2)任务所能存取的所有程序及数据的内存空间。

“任务”的环境定义成CPU寄存器的状态，与在“任务”中所能存取到的内存空间。



例子：任务A的虚拟内存空间为全局的空间加上它局部的地址空间。

图2—2 存在80286系统内的“多任务”

如果我们考虑80283中所有任务所占内存空间的总和，如图2.2所示，而个别任务的内存空间则象一个楔形。这个楔形加上CPU的寄存器，就是现行任务环境。

任务环境的内存空间并非等同的，在任务的虚拟寻址空间中有几个相异的对象（objects）。这些对象即为内存空间的段（Segmemt），用来辨认程序段或是数据段。这些项目我们说它属于某个任务，是因为任务中的程序执行时可以存取得到。若该段是程序段，则程序可对其执行跳转或调用等等。若是数据段，则程序可以对其进行数据读写。

现行特权层

任一瞬间，程序总是在一个明确的特权层上执行。现行的特权层简单地说，就是等于现在正在执行的程序段的特权层。当特权层低时，微处理器将限制程序执行某些敏感的指令，例如输入/输出到外部设备。低特权层的程序码对于较高特权的数据的存取也是受到限制。

如上所述80286提供四个级别的特权层结构，其中程序与数据段都各自属于四种阶层中的一个特权层，事实上，阶层是指定成3，2，1及0按照此顺序增加特权，如图2，3所示，最低的特权层（第三层）总是保留给使用者或应用程序，而其他三个较高的阶层则留给系统软件。

一旦当我们将软件模块指定于不同的特权层时，微处理器在程序执行期间，将强制维持

各软件模块的层次关系。不同的特权层允许更多特权的程序码段；如操作系统的工作是以控制整个80286的硬件。但同时这些不同的特权层也可用以限制应用程序去直接控制输入/输出，影响微处理器对中断的反应，及对操作系统的调用（除了经由预设的入口点）。

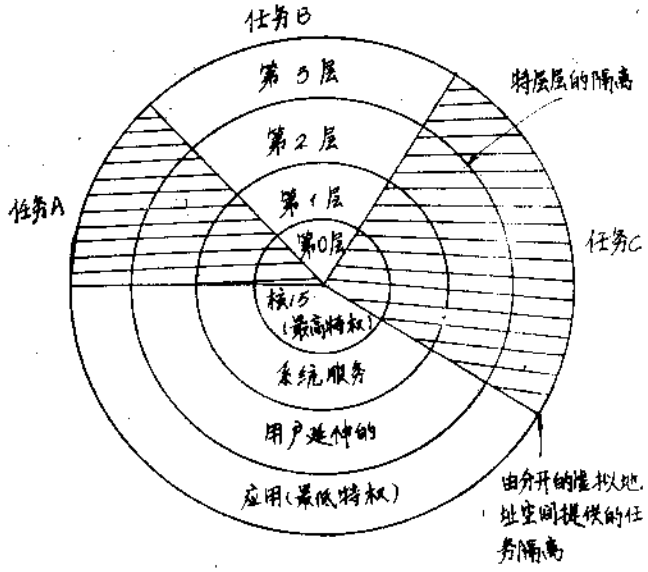


图2—3 80286的每个任务可多至四个特权层

软件设计的新环境

由于80286具有“任务”及“特权层”的特性，它提供了更多的程序规划选择。有趣的一点是，读者能依程序规划的需要去选择如何应用这些特性。

决定要使用多少级特权层是一项自由的选择。对简单的应用，读者可以决定仅使用一层，例如：在专用控制器的应用里，仅需要80286的速度。然而，对较复杂的系统，读者则需使用二层或更多的特权层。

我们来看一下以80286为基础的Unix或Xenix系统。Unix或Xenix操作系统核心在最高的特权层执行，因而可以在任一“任务”中存取任何东西。在这种系统中，您的每个应用及其他使用者的，都当作独立的任务来执行。而且通常是在最低的特权层，应用方面的任务被指定仅能在最低的特权层执行，因而它的环境受到较多的束缚。而应用性的任务也不能与其他任务，或者与高特权层的操作系统发生不希望的相互影响（因为用户的各个应用是分开的任务，用户的应用仅在低的特权层中执行）。

但对各个任务的限制是读者的自由，因此读者可以选择如何将软件安排成任务与特权层中，读者也可以决定有多少共享的数据，任务间的通讯，及为达到软件适应性而有多少与操作系统的交互作用。相反的，对于80286的软件系统读者为了软件可靠度的缘故，也可以很容易地设立限制条件。

多任务的利用

由于80286本质上是个“多任务”的微处理器。它在一个系统内能支持“多任务”或程序环境，当处理器支持多任务时，每个任务保留各自的性质，与它自己的寄存器状态及虚拟内存空间。当然，读者不必一定要用到80286的多任务功能，例如简单的系统可以设计成仅为

一个任务。但80286所具有的“多任务”功能有它的优点。

大多数实例中，“多任务”是用于安置各个独立无关的软件模块。这个独立的软件可以是简单的，仅为了方便，或重要到在某些应用中是为了维护系统的可靠度。由以上的各种状况中可知多任务结构的优点，就是各任务的程序规划简单得就如它占有整个系统一样。除了有一点，您的工作输入／输出至共享的外设时，必须调用操作系统的功能来工作。

在多任务环境里，读者的应用程序并不受其他应用程序的干扰，有全部的cpu通用寄存器（general purpose register）可用，及个别的不与别的程序分享的虚拟内存空间。如此提供给读者一个便利且开放的程序开发环境，此外，多任务也提高了处理器对时间的应用，这个观念图示于2—4中。

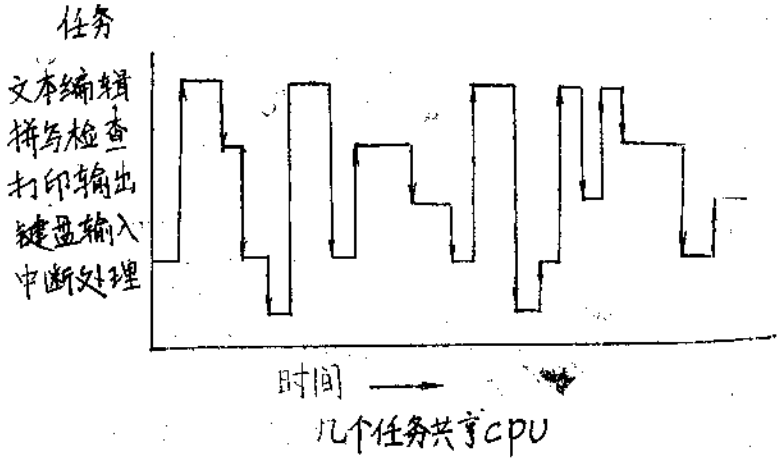


图2—4　cpu用于多任务方式

某些应用为了适当的可靠度的需要而要求需具有多任务的性能。不必举太远的例子，台式工作站就是一个好例子。这种电脑，多重的任务可能同时在执行，例如当前台（foreground）给电子表格使用时，后台可能在做程序编译工作。即使这些工作有一个是属于软件开发的工作，在今日它也不容许这个实验性的软件去毁掉整个工作站的运转。除了免除不方便与系统失效的损失外，现在的工作站比以前的电脑更合适连接到实时网络上。例如由通讯网络传来的消息在任何时间都要服务。因此不允许故障时间的发生。

在任一实时系统或多用户系统里，可靠性已变得极为重要。它们必须不停地一直运行下去仅有多任务的结构能保护一个任务与其他任务能适当地隔离，同时保护操作系统免受错误的或恶意的应用任务所破坏。80286是第一个在芯片上提供这种多任务结构的微处理器。

特权层的利用

为了要有可靠的系统，执行最敏感的功能的程序段，例如磁盘的输入／输出等，就需要比其他如执行计算公式的程序段有更高的特权层。这也是某些数据段，例如包含用户ID（身份码）及进入码，必须指定为高特权层数据段（即最高机密）的理由，在任一多任务系统中，若有各任务所共享的资源，则硬件必须防止用户的任务去直接存取之。操作系统的目的之一就是用来控制各个任务对共享资源的利用，80286的设计中利用它的特权机制（privilege mechanism）提供了所需的保护，这在读者的工作中都可用得到。

每个任务可使用多到由微处理器结构提供的4级特权层。四级的特权层即使是最复杂的