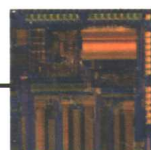




intel.

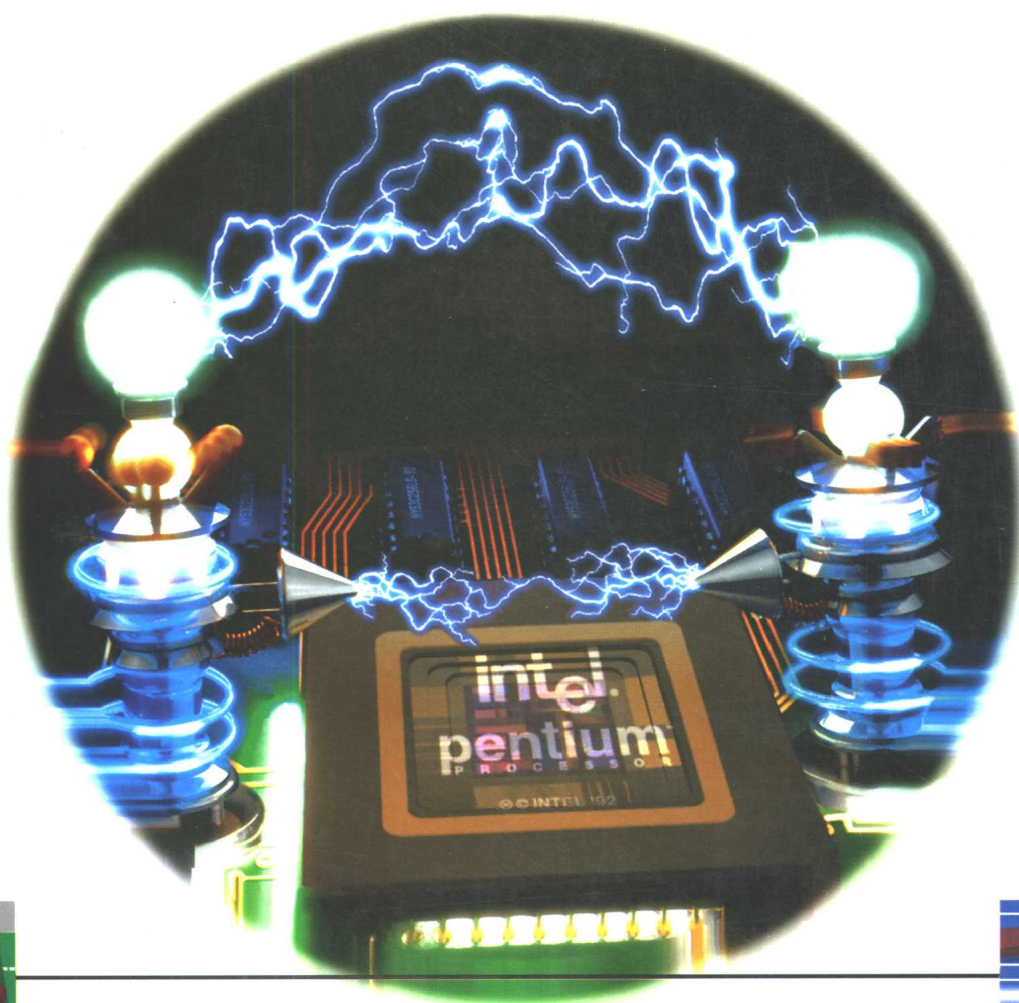


微处理器半月通

HOW MICROPROCESSORS WORK

【美】 GREGG WYANT 著
TUCKER HAMMERSTROM

石祥生 译



電子工業出版社.

微处理器半月通

HOW MICROPROCESSORS WORK

[美] GREGG WYANT TUCKER HAMMERSTROM 著

石祥生 译



電子工業出版社

(京) 新登字055号

内 容 提 要

本书是美国著名的ZD出版公司的最新版本。它在全面系统地介绍了作为计算机核心的微处理器的基础上, 详细介绍了计算机内各主要部件及它们之间的关系, 并重点介绍了Intel486和Pentium的技术特点以及使其性能提高的众多技术因素。对与微处理器有关的各种编程技巧也作了介绍。对于需要了解计算机(特别是微处理器)的外部 and 内部结构、各部件和设备间的逻辑关系、编程须知、技术发展趋势等内容的广大计算机技术人员和用户, 本书将是一本很有价值的参考书。本书内容全面、图文并茂、直观易懂。



Copyright© 1994 by Ziff-Davis Press. All rights reserved.

Ziff-Davis Press and ZD Press are trademarks of Ziff Communications Company.

本书英文版由美国Ziff-Davis Press出版, Ziff-Davis Press已将中文版独家版权授予北京富国电子信息有限公司。未经许可, 不得以任何形式和手段复制或抄袭本书内容。

微处理器半月通

How Microprocessors Work

[美]GREGG WYANT & TUCKER HAMMERSTROM 著

石祥生 译

责任编辑 吴晓燕

*

电子工业出版社出版

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

北京顺义天竺颖华印刷厂印刷

北京富国电子信息有限公司排版

开本: 787×1092 毫米1/16 印张: 11.375 字数: 220千字

1994年11月第1版 1994年11月第1次印刷

印数: 4000册 定价: 23.00元

ISBN 7-5053-2683-X/TP·837

出版说明

计算机科学技术日新月异，为了引进国外最新计算机技术，提高我国计算机应用与开发的水平，中国电子工业出版社与美国**Richina Media Holdings Limited**合资兴办的北京富国电子信息有限公司取得了美国**Ziff-Davis Press**的独家版权代理。**Ziff-Davis Press**授权本公司通过电子工业出版社等出版机构全权负责在中国大陆出版该公司的中文版和英文版图书。

美国**Ziff-Davis Press**是全美最大的计算机出版商之一，在全世界96个国家中都有它的书刊，它出版的书籍、杂志和光盘，主办的展览和会议，提供的咨询和网络服务，形成了整个行业潮流的主导。我们优选翻译出版的第一批图书是**Ziff-Davis Press**的最新计算机图书，并采用了该公司提供的电子文件，由我公司采用当今世界一流的图文系统排版制作。提高了图书质量并大大缩短了图书的出版时间，从根本上改变了以往翻译版图书要落后原版书较长的“时差”现象，这在电子技术日新月异的时代具有深远的意义。今后我们还将陆续推出**Ziff-Davis Press**的最新计算机图书和软件，为广大读者提供更好的服务，传递更多的信息。

北京富国电子信息有限公司

1994年10月

序言

“计算机半月通”是一套系列丛书，它以其特有的非常直观的、易于理解的方式说明计算机（包括硬件和软件）是如何工作的。本书通过说明作为计算机基础的微处理器是如何工作，而把该丛书的有关内容有机地联系在一起。微处理器是PC机的指挥员，它模仿交响乐团和大合唱的方式，指挥着PC机其它各部分的操作，因而要求它具有特殊的指挥动作和精确的定时关系。

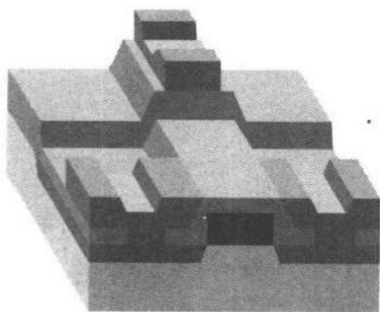
随着各种各样的计算机已成为人们工作和生活中不可缺少的部分，一些好奇的用户（不仅仅是专业技术人员）对于“什么东西使得计算机能正确地工作？”这一问题越来越感兴趣。无论你是第一次考虑购买PC机，或者是一位对PC机很有经验的人员，如果想对微处理器作进一步的深入了解，那么本书就非常适合你。虽然本书以一种非常容易理解的方式说明了INTEL微处理器是如何工作的，但涉及的各种概念同样适用大多数其它类型的微处理器，因为它们的工作方式大多是相似的。

本书为读者提供了一个机会，可以获得各种直截了当的“指导”和现场“讲解”，以说明微处理器是如何工作的，如何与PC机的其它部件交互操作。它有助于解答一些共性的问题，例如，为什么一台微处理器会比另一台快？高速缓冲存储器如何影响微处理器的性能？等等。我们希望尽可能地少用一些难懂的技术术语，并且使用一些日常的比拟来帮助解释每一章中所包含的各种概念。在解释的过程中，使用各种直观图片一步一步地演示每个部件是如何工作的，由浅入深地进行说明。对于可能有兴趣进行深入探讨一些技术问题的读者，在很多章节中介绍了一些技术要点和说明。为了能获得快速参考信息，在本书后面增添了“术语汇编”，对某些常用的计算机词汇进行解释。

本书一开头就编述了这种令人惊讶的芯片的发展，回顾了它

的历史和环境，说明PC机的每一部分是如何与微处理器“拼凑”在一起进行工作的。在讨论了微处理器生产和封装所需的魔术般的技术之后，把注意力集中于INTEL 486和PENTIUM处理器，对提高其性能起作用的每个特点进行说明。最后，本书展望了微处理器和计算机技术的未来。计算技术将会以一种不可估量的步伐继续发展，从而向工业界的制造能力和计算机工程师们的发明智慧提出了挑战。

在读完本书后，我们希望每位读者不但能较好地理解微处理器是如何工作的，而且要懂得你所使用的计算机的体系结构和原理。



微处理器的发展史

1

第一章

PC机欢迎你

3

第二章

微处理器：PC机的大脑

7

第三章

微处理器性能

10

第四章

微处理器历史

15



微处理器的作用

19

第五章

微处理器的内部构造

21

第六章

微处理器通信

25



第七章

微处理器的语言

31

第八章

微处理器和主存储器

35

第九章

提高微处理器性能的高
速缓冲存储器(CACHE)

39

第十章

微处理器与输入/输出
(I/O)设备的对话

42

第十一章

微处理器和键盘

47

第十二章

微处理器和显示

53

第十三章

BIOS对外部设备的控制

57



微处理器的内部结构

61

第十四章

微处理器是如何工作的

63

第十五章

总线部件

67

第十六章

预取部件

71

第十七章

译码器

75

第十八章

控制器

79

第十九章

运算逻辑部件

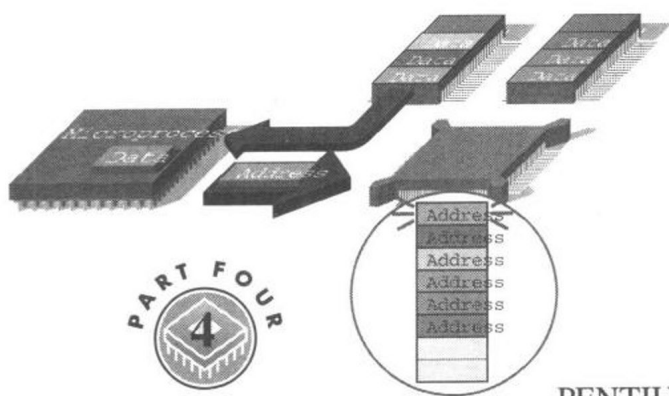
83

第二十章

存储器管理部件

86





微处理器的制造

93

第二十一章

硅片与微处理器

第二十二章

微处理器的封装



INTEL486微处理器

105

第二十三章

INTEL486微处理器工作原理

第二十四章

微处理器的时钟

第二十五章

高速缓存和总线部件

第二十六章

浮点部件

第二十七章

操作方式

PENTIUM微处理器

133

第二十八章

PENTIUM处理器工作原理

137

第二十九章

超标量体系结构

141

第三十章

转移预测

145

第三十一章

分离的数据和指令高速缓存

148



109

未来的微处理器

153

第三十二章

2000年后的计算机技术

155

第三十三章

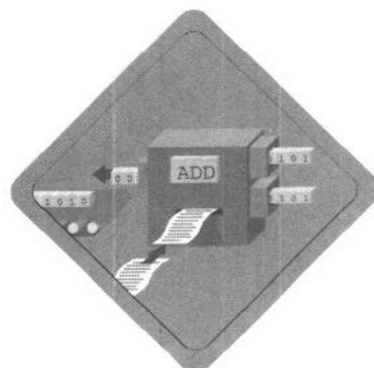
对微处理器工业的挑战

159

术语汇编

162

127



第一部分

微处理器的发展史

每一项重大的科学突破都会改变当时所公认的一些事实。当哥白尼说世界围绕着太阳转的时候，就发生过这种事情，从而打破了一千年以前的某些公认的观点。电话由于能提供较长距离的双向瞬时对话而替代了传统的电报，并且引起了通信革命。在计算机的发展过程中，也引起了同样的意义的事情，由于微处理器将笨重的大型计算机具有的广泛处理能力转移到了台式个人计算机，它就像促进剂一样改变了人们的生活和工作方式。

由于微处理器以从来没有的低价格提供了日益增强的处理能力，因而它作为PC机的核心推动了一场革命。在我们的生活中，这种高科技（将硅转变成晶体管）的结晶将会使得PC机扮演越来越重要的角色。那么准确地说，微处理器是什么呢？在词典中是这样定义的：“它用作一种半导体中央处理器，通常放在单独一块集成电路芯片内。”

计算机时代的初期，房间一样大小的大型计算机一般包括一些电子电路的机框，负责进行中央数据处理，但时至今日，这些电路微型化而放在一块硬片上，它将这种中央处理器的功能都集中在拇指大小的微处理器中。

人类的其它发明都没有像微处理器发展得那么神速、内涵那么丰富、影响那么深远。第一台微处理器是INTEL 4004，它是作为一种计算器电路设计的，在真正的计算技术世界中几乎没有人能认识到它的重要性。十年之后，即1981年，IBM推出了一种基于微处理器的计算机，它最终形成了在商业上非常成功的完全新颖的个人计算机（PC）市场。目前，一台以INTEL 486处理器为基础的PC机在性能上完全能超过十年前的绝大多数大型计算机，而所有这一切变化仅仅发生在四分之一世纪之内。

随着微处理器的发展，很多其它方面的技术也同时在发展，因而使得巨大的计算机能力能在台式PC机和笔记本PC机上实现。在PC机出现的初期，其技术水平仅仅是单色的绿色监视器、640千字节（KB）内存储器、二台5.25英寸软盘驱动器，没有硬盘驱动器。移动式计算技术意味着可以整体地将台式PC机从一个地方搬到另一个地方；为了满足微处理器的软件需求和日益提高的数据处理能力的需要，在存储器、显示器和输入技术等方面的研究迅速地从理论转化为产品，台式PC机已发展到包括高分辨率的彩色显示器、几兆字节（MB）内存、高密度3.5英寸软盘驱动器、200多MB硬盘驱动器、CD-ROM驱动器、鼠标器输入、声音功能等；可移动式计算机技术也已发展到一个新的水平，由于电池技术小型化、硬盘驱动器和彩色液晶（LCD）板等的发展，使得它从交流供电的台式系统发展成5磅重量、笔记本大小的PC机（以下简称笔记本）。这些技术上的发展与微处理器的能力结合在一起，使得新的每一代PC机能运行得更快、运行更灵巧、成本更低。

存在着很多种类型的微处理器，每一种的设计稍有差异，以便最好地适应一种特定的应用环境。到处都有微处理器，但你却不一定知道它，如果仔细地想一想目前与你有关的、其中具有微处理器的所有东西，那么其清单会相当长。除了PC机外，微处理器以不同的形式出现在手表、烤箱、取暖和空调系统、电视、录像机、电视游戏系统、汽车等之内。当你发动汽车时，在汽车发动机中的微处理器就会控制电子点火和同步，从而改进了每英里耗油量和马力数。事实上，目前的一辆典型汽车中有很多微处理器，它们几乎可以控制一切，包括发动机功能到刹车时的悬挂架特性等。微处理器已是我们生活中一个不可分割的部分。



PC机欢迎你

IBM在1981年推出了第一台PC机，在此之前，“计算机”这一个词就意味着几个房间，里面装满了数千个真空管开关和闪烁的灯，用几百英里的线，由穿着白大褂的科学家们操纵。对这些科学家而言，一个故障简直就像一个进入设备迷宫的虫子，搅乱了正常运转的机械的脆弱平衡。然而新一代的PC机导致了一个新时期的到来，它使得各种业务或多或少分享了计算机革命带来的好处。

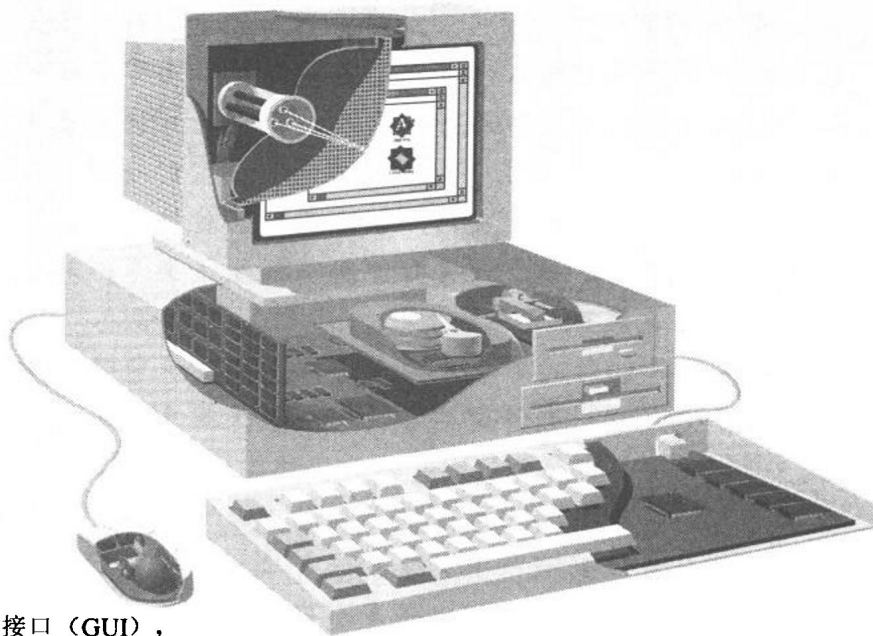
在这种惊人地PC机领域内，房间一样大小的大型计算机中的部件以较小的规模用在PC机中。硬片、塑料、钢和铜等材料被混合使用，去构成小型的数据存储部件用户输入部件图形显示器等。由于不会有人愿意携带着50磅重的计算机进行航空业务旅行，因而便携式计算机甚至使用更小更轻的部件。PC机的每一个部件都可以看作是你的办公室的一部分；硬盘驱动器像文件柜似的将文件存放在文件夹内；软盘驱动器就像日计划表似的在盘上存放需要频繁交换的数据；键盘就像打字机一样生成文本；利用鼠标器和监视器，你就可像利用笔和纸一样去引导、存取、显示信息。

就像计算机内的嘟嘟声、卡嗒声、搅拌声等噪音所证实的那样，每一种部件为了完成自己的特定任务，它一般采用电子元器件与机械运动部件的组合。例如，硬盘驱动器航彭盘驱动器都要使用超小型电动机去转动磁介质（如软磁盘片），而且要用电子电路将信息块变换在二进制数字（1和0）流，以便准备将数据写到磁盘上。像键盘、鼠标器、跟踪球等设备则将人手的动作转换成计算机能够理解的电子表达形式；键盘像打字机一样，利用机械开关将击键动作变换成表示字符或数字的位码；鼠标器和跟踪球则将物理移动转换成计算机屏幕上指针（光标）的移动。

在对PC机的内部逐一进行介绍，以探讨微处理器是如何与外部世界通信的之前，先让我们来研究一下PC机的各个部件。

个人计算机（PC机）

计算机用来显示图形和文字的台式监视器使用与彩色电视中同样的技术。来自计算机的数字视频信号转换成模拟信号，监视器利用这些信号去控制三束电子枪（每种光的原色相应于一束电子束，有红、绿、兰三种原色），每束电子束中相应的红、绿或兰色磷层，在荧光屏上形成一个色点，称为像素（图像元素）。沿着水平线的每个像素都要重复这一过程，从屏幕的左上角开始，每个后继的水平线继续进行，一直到右下角的最后一个像素完成为止。这些像素都保持着最新的色彩，因而当最后一个像素画完时，第一个像素仍然发着光。该过程的进行速度要比眼睛的感受速度快，因而整个屏幕就像同时画完的一样。对于目前的PC机来说，显示图形陈列（VGA）是标准的监视器，它可以支持 640×480 像素的分辨率和16种颜色的图形。超级VGA（SVGA）电路板增加了显示图形存储器，以提高分辨率（ 1024×768 像素）和提供256种颜色。



最近几年，各种各样用户接口（GUI），如WINDOWS和OS/2，已变得非常普及，为了对这些环境进行引导而选用的输入设备是鼠标器。它有二个互相垂直安装的滚轴，可以检测鼠标器球的运动，与这二个辘子连接的编码器根据鼠标器球的运动方向而产生相应的电脉冲，它们与鼠标器按钮所产生的信号组合在一起，可在屏幕上移动光标，去选择对象和动作。

键盘是最初的IBM PC推出以来一直在PC机上使用的基本输入设备，它的规模可以从便携机的82键到标准台式系统的101键。当一个键按下时，键盘内的小型微控制器就将该击键动作转换成一个数字，称为扫描码。该扫描码通过键盘电缆发送到键盘端口，并在该处转换成ASCII码（一个字符或数的数字表达形式），供计算机使用。

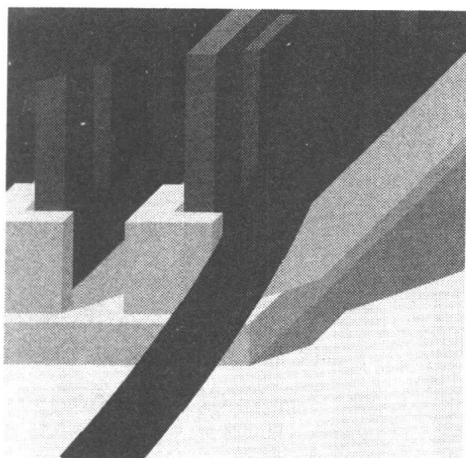
由于容量和速度原因,所有PC机都将硬盘驱动器用作操作系统、应用程序和数据的主要存储器件。通过对叠放在一起的同心磁盘片在旋转状态下读写数据,就能存储和取出信息。大多数台式系统都使用3.5英寸硬盘驱动器,容量高达500MB。便携式计算机正在转向2.5英寸硬盘驱动器容量高达245 MB。甚至更小型的1.8英寸硬盘驱动器,容量为120 MB也已推出,其体积只有信用卡大小,可用于亚笔记本和个人数据器件(PDA)。硬盘驱动器将会继续变得体积越来越小、容量越来越大、读写速度越来越快。

液晶显示(LCD)板是供便携式计算机使用的,这是因为它重量轻,外形小,功耗低。用来构成LCD板所用的技术与构造数字表示显示器所用的技术是类似的,但规模要大得多。无论是灰度级的还是彩色的液晶显示板,都可采用二种不同的工艺,一种是有源矩阵,另一种是无源矩阵。有源矩阵屏幕使用单独的晶体管向屏幕上每一点和液晶单元充电,造成较鲜艳的色彩、较大的对比度、较高的功耗。无源矩阵屏幕则使用条形电极定时地向液晶单元充电,其结果形成暗淡的色彩,但其功耗和成本都比有源矩阵板低。很多液晶显示板都采用荧光管(称为反光或侧光显示),以进一步提高屏幕对比度。目前的液晶显示板可以显示640×480象素的VGA分辨率。



很多移动式计算机中采用的跟踪球可以看作为一个倒装的鼠标器,不需要像使用鼠标器那样移动整个输入器件,用户只要滚动它的球,屏幕上的光标就会跟踪它的球运动。

传递、发行和保存信息用的最通用的介质是软盘。当一张3.5英寸的软盘片插入软盘驱动器时,它就驱使盘片的套子张开,然后就像硬盘驱动器一样,在使暴露的磁性表面旋转的同时进行磁性读写数据,最初的IBM PC使用5.25英寸的盘片,容量为360 KB。目前的计算机使用3.5英寸的盘片,存储器高达2.88 MB。为了使便携式计算机的空间要求最小,标准配置是使用一台3.5英寸软盘驱动器。为了确定介质兼容性,很多台式系统仍然包括5.25英寸和3.5英寸二种软盘驱动器。





微处理器：PC机的大脑

就像你的大脑控制你的躯体的各种功能和行为一样，微处理器可以控制计算机的操作。大脑通过神经连接对感觉器官来的输入进行解释，然后跟据存放在“存储器”（即记忆）中的经验作出响应。微处理器也是同样的情况，对于通过称为总线的电气连接送来的计算机输入，它要进行解释，然后跟据存放在主存储器中的控制软件，作出相应的响应。当然，大脑和神经系统要比目前的任何计算机都要复杂得多。

微处理器通常还有另一个名字，叫作中央处理器（CPU），该名字反映了在计算机中，微处理器的重要性要高于其它外部设备。外部设备有各种各样的功能，如存储数信息或将数据转换成在显示屏幕上可以识别的文本等，但所有的外部设备都是在微处理器的直接控制之下。

目前的微处理器有着很多不同的类型，但在PC机中使用的差不多都是类似的。所有的微处理器都封装在一个小型的组件内，具有一些金属外引线，可以用来操作电子数据，但在运行字处理程序的主体显示系统内，就不一定要求用微处理器。每一种微处理器都有它最最适合的一种应用环境。

某些微处理器是专门为膝上机而设计的，因此对功耗具有专门的管理特点，以延长电池的寿命；另外一些微处理器的特点则是允许二个或多个微处理器在一台计算机内同时工作；还有一些微处理器被设计成能模仿人类的思维进行思考。

这些小型的数字机器的复杂性正在变得越来越惊人，可是它所执行的每种操作（如取数据、存数据或执行算术函数等）却是相当简单的。让我们来看一看一台PC机将二个数相加并显示其结果时所需要的操作步骤，下面的例子是从计算机大脑（微处理器）的主场出发来说明其计算过程。

计算过程

- ① 计算机通常用来加二个数，并显示其结果，这是用称为电子表格程序的软件来实现的操作。从我们的立场来看，这是一个简单的任务，但对微处理器来说，却要执行数百个步骤才能完成它。在本例中，第一个数24已经输入完毕，计算机正在等待用户输入第二个数。

- ② 在这一时刻，微处理器几乎不做什么，只是等待下一个数的输入。在该空闲期内，它只执行系统维护任务，例如保持时间和日历时钟的电流。电子表格程序一直在运行，但是没有新的数据要计算和取出，计算机只是等待而已。只要用户按下下一个键，微处理器立即就投入一阵繁忙的活动之中。

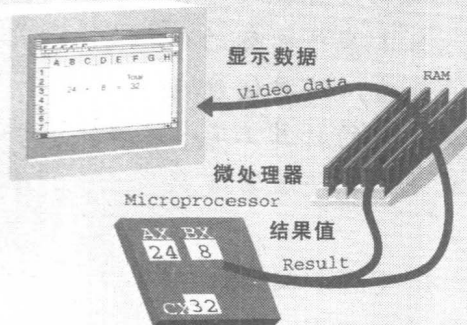
- ③ 新的电子表格项目的第一个信号来自键盘。它检测到一个键已经按下，就向微处理器发出一个信号去中断正常的电子表格程序流。该信号指出微处理器需要从键盘取数据，这时微处理器首先将它的当前内部内容（状态）存储在主存储器的一个特定部分（称为堆栈），供以后再调用。这样做可以确保发生新的操作时不会丢失数据。堆栈的功能与一摞纸非常相似，最后放进去的内容就变成第一个取出来。通过从堆栈中以与存放时相反的次序取出数据，微处理器就能使自己恢复原状。维持这种次序使得在微处理器上的恢复过程变得非常容易。

- ④ 微处理器跳转到一个称为BIOS（基本输入/输出系统）的程序部分，该BIOS存储器在存储器中。这就是说，微处理器开始执行来自另一地方的代码。BIOS包含如何处理键盘信息的各种指令。这时，微处理器从键盘取得一个数据，称为扫描码，然后将它变换成ASCII码，这是一种计算机使用的格式。根据该ASCII码可以唯一地将键盘送来的每个数据识别为大写或小写字母字符功能或数字等等。在此处，输入的数字是8，由扫描码09表示，变换成ASCII码为38。

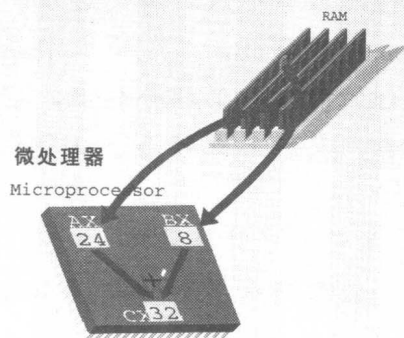
- ⑤ 在完成了取键盘数据和将它存入主存储器中一个特定部分（叫作键盘缓冲区）的任务后，微处理器就要将它自己恢复到接好键盘信号之前的原始状态，为此而需要的全部数据都存放在堆栈中。在恢复原状之后，微处理器就要从它离开的地方恢复执行电子表格软件。



- ⑧ 完成了这一套操作以后，微处理器就返回可能被挂起的另一个任务，或者返回空闲状态，等待下一条指令。该例子已进行了简化，实际的过程却需要数百个步骤才能完成。由于微处理器的速度是如此快，因而该加法操作就好象是在按下键的瞬间完成的。



- ⑦ 微处理器将结果值送到内存中存放电子表格数据的一个单元中，并且送到显示存储器中准备显示。显示存储器是主存储器中的一个专用部分，用来存储将要在屏幕上显示的数据，每个存储单元相应于屏幕上的一个位置。微处理器将该结果值转换成与显示控制器兼容的字符数据，并将它存放在显示存储器的适当单元中。这样，就能在屏幕上准确的位置进行显示。



- ⑥ 微处理器确定ENTER键已经按下，这就表示数的输入过程已经完成，这时它就将二个电子表格数字（24和8）从内部存储器装入它的寄存器中，准备进行加法操作。微处理器有很多内部寄存器，而且它只能对存在这些寄存器中的数进行运算。在微处理器执行完ADD（加法）指令后，就将和数（32）存放在一个单独的寄存器中。