

IBM PC 微型计算机

组成原理语言软件及应用

陕西科学技术出版社

微型计算机 组成原理语言软件及应用

《陕西电子》编辑部 编

陕西科学技术出版社

参加本书编写的有:

李友堂 吴宗粹 魏文郁 李裕璋 张成明

阎胜天 芮义昆 丁振国 甘圣予

责任编辑:

张忠智 孙彩贤 董振兰

责任校对:

徐维新等

微型计算机组成原理语言软件及应用

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

陕西省新华书店发行 军航印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 25 $\frac{1}{4}$ 印张 1200千字

1985年6月第1版 1985年6月第1次印刷

印数: 1—8000

统一书号: 15202·117

定价: 9.30元

前 言

随着我国“四化”建设事业的蓬勃开展，计算机、特别是微型机的应用已推广、普及、渗透到科研、教育、工业、国防、事务管理、农业以及社会生活的各个领域。其应用面之广，影响之深，发展之迅速是前所未有，闻所未闻的。因此，学习微型机知识的热潮已经形成。微型机各种学习班如雨后春笋出现在全国各地。但是众多的微型机使用者却常常缺少合适的教材、参考书和较系统的资料。为此，我们编写出版了这套丛书，希望能解广大微型机使用者燃眉之急，并对IBM—PC及其兼容机的普及和应用有所裨益。

1981年8月美国IBM公司推出的IBM—PC (Personal Computer——个人计算机) 标志着微型机已成为计算机发展的一个主要方向。IBM—PC是采用 Intel 公司的8088、8087、8089等芯片为核心开发和生产的一种微机系统。由于结构设计先进、性能价格比高、拥有强大的技术与经营后盾，又有众多的软件厂商为其开发了大量的软件，使其成为一个软件配备十分齐全的微型计算机系统。它的出现有力地推动了微型机的发展。一些世界著名的计算机公司都瞄准并参与了微型机的生产和竞争，纷纷推出各种十六位或准十六位个人计算机以及准32位超级微型机，使个人计算机的性能大幅度提高。也正是由于高性能微型机的出现又反过来促使人们对微型机的兴趣和要求与日俱增，应用领域急速扩展到当今世界的每一领域。

在国内，IBM—PC 及其兼容机也十分受欢迎，已成为微型机的主流产品，其用户不断扩大。所以我们就决定围绕着IBM—PC来编写这一套丛书。

本书作为丛书的第一本，包括三部分内容：第一篇《组成原理和程序设计》，着重从系统组成的角度来介绍IBM—PC；第二篇《操作系统和局部网络》，在简要讲述了系统软件的基础上介绍了 PC—DOS2.0 和 CP/M86 两个操作系统，并对微型机局部网络作了初步介绍；第三篇《程序设计语言 数据库和汉字处理系统》主要讲述了BASIC、FORTRAN77、COBOL 三种高级语言和 dBASE—II 关系数据库，并较系统地介绍了汉字信息处理技术概况。本书第一篇由李友堂同志编写；第二篇由吴宗粹、魏文郁、李裕章、张伐明、阎胜天同志编写；第三篇的编写者是：第一章张伐明、吴宗粹同志，第二、三章芮义昆同志，第四、五、六、七、八章丁振国同志，第九、十章甘圣予同志。

本书由西安交通大学计算机系主任胡正家教授，计算中心主任王以和教授，西北电讯工程学院计算机系主任王厚生教授及陈家正副教授审稿。在编写过程中还得到陕西省电子工业厅朱马保付厅长，白元根总工程师，陕西省电子技术研究所的领导，西北电业管理局张和卿工程师，空军工程学院徐维新、徐炳宏、方志荣同志，以及其他各方面人士的支持和帮助，特此表示衷心的感谢。本书参考、引用了国内外多种期刊、杂志和手册上的有关材料，我们更应向这些作者致以深切的谢意。

本书从1985年1月10日开始发行，仅短短两个多月的时间两万一千余册已全部售完。现全国各地仍纷纷来人、来电、来函催要，并对本书给予了欢迎和好评，提出了许多宝贵建议与意见。根据这种情况，由李友堂、吴宗粹、丁振国同志负责组织原编写者对原书进

行了修改、增补后，由《陕西电子》编辑部与陕西科学技术出版社合作正式出版。

新出版的书中，除对各种原因造成的错误遗漏之处进行了修正外，还遵照许多专家、读者的意见增补了15万字的新内容。主要有 PC-DOS 命令部分，新介绍了十几条重要命令；改写了局部网络的部分内容；在 BASIC 语言中增加了编译BASIC、绘图语句和实例介绍；扩充了汉字信息处理部分的内容。

本书是应社会各方面的急需而编写的，由于时间紧迫，加之编写者的水平有限，这次出版前虽然作了修改，但缺点、错误仍在所难免，我们恳切期望各位学者、专家和读者能继续给予指导、帮助，使我们能将今后的工作做得更好一些。

编者

1985年4月12日

第一篇 组成原理和程序设计

第一章 组成原理

微型计算机的基本工作原理及根据这样的原理组成的微型计算机系统，在系统工作时其数的表示、数制的转换、数的二进制编码、控制机器运行的指令、由指令组成的程序以及机器组成的基本结构等抽象的概念，对理解计算机的工作原理，掌握它的结构，了解它的工作关系是很有好处的。因此，本章将对计算机的一些抽象概念进行介绍，以达到仅具有一般数字电路知识甚至没有接触过计算机的人也能对本书讨论的内容初步理解和进行自学。

第一节 基本工作原理和结构

1.1 冯·诺曼原理

到目前为止，几乎所有的计算机都是按照这样一个基本工作原理进行操作。

例如，在计算机中，1加2怎样变成3呢？

假如上述的问题我们用这样一组式子来表示为

$$X = 1$$

$$Y = 2$$

$$Z = X + Y$$

停止操作。

上式的含意可解释为：把1送入X；把2送入Y；把结果X+Y送入Z；运算结束。

为了直观，可表示为

$X \leftarrow 1$ 其意为把数值1送到计算机的X地方

$Y \leftarrow 2$ 把数值2送到计算机的Y地方

$Z \leftarrow X + Y$ 命令计算机把X、Y的内容相加，结果送到Z，运算结束，把结果输送出来，同时机器停止这道题目的运算。

上述过程说明了，即使 $1 + 2 = 3$ 这样一个简单的算式，用计算机进行运算的话，也需要事先安排一个顺序：顺序中的每一步骤都要明确计算机做什么，从哪儿取数，送到什么地方，然后进行什么操作等。只要这些步骤机器能够理解，能够执行，那么在运行前，只要把这个顺序编排成计算机能够执行的形式，送到计算机中保存起来，然后启动计算机，就可以按这个顺序进行操作。

上述顺序就称为程序,编排这个顺序的过程称为编程序,或叫做程序设计。程序中的每一步骤都是命令计算机做什么,如何做,这称为计算机的指令。如果这个程序是用计算机能够理解、能够照着执行的命令编排而成的,称为机器语言程序。这些命令、数据的表示形式就称为机器语言。人们为了方便编程序,可能使用其它形式的计算机并不理解的语言,这种程序要想在某台计算机中运行,必须先转换成机器语言程序,然后送到计算机中保存起来。启动机器,就能按程序编排的顺序,一步一步地取出指令,控制机器的各个部分运行。这就是计算机通用的最基本的操作原理。这一原理最初由美籍匈牙利的数学家冯·诺曼教授提出,故称为冯·诺曼原理。

1.2 基本组成和结构关系

根据冯·诺曼原理组成的计算机需要完成下述功能:

- ① 把机器语言程序和执行程序时需要的数据送到计算机的贮存器;
- ② 需要长期记忆输入的程序、数据、中间结果和最终处理结果;
- ③ 能够完成程序中指定的各种算术、逻辑运算和数据传送等数据加工处理;
- ④ 能够根据运算结果和程序的需要控制程序的走向,以及根据指令的规定控制机器各部分协调操作;
- ⑤ 能够根据人们的需要,将处理的结果、加工的表格或程序输出给操作使用人员。

要完成上述五个大的功能,计算机需要有输入程序和数据的输入设备、记忆程序和数据的存贮器、完成数据加工处理的运算器、控制程序执行的控制器和输出处理结果的输出设备。这就是通常所说的计算机基本组成的五大功能部件,它们之间的结构关系如图1.1.1所示。图中,输入设备是向计算机存贮器输入程序和数据的设备。存贮器是全机的记忆信息的设备,它记忆输入设备输入的程序和数据,同时也记忆运算器处理的中间结果和最后结果。输出设备把存放在存贮器中的结果、数据或程序,以人们习惯的形式输出。运算器是全机的数据加工和处理的核心,它从存贮器取出数据,在控制器的控制下进行加工处理,处理后的结果再送至存贮器。控制器是全机的控制中心,它从存贮器读出指令,经过分析后,再向各个部件发出相应的控制信号。

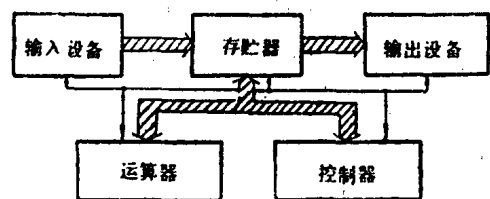


图1.1.1 计算机组成的基本结构图

随着计算机技术的不断普及和飞速发展,特别是大规模集成电路的高速发展,使得计算机的结构和功能起了巨大变化。利用大规模集成电路技术,把计算机的运算器和控制器做在一块集成电路芯片上,称为中央处理单元CPU,在微型计算机中称为微处理器。例如IBM-PC微型计算机系统中的8088芯片就是此机的中央处理单元。同样,容量相当大,速度特别快的存贮器把存贮器中的各个记忆元件都换成半导体元件。因此,在加大容量的条件下,反而比磁芯存贮器的体积更小,功耗更低,存取信息的速度更快。这样,就有条件把引导计算机如何开机检查、初始化等各种程序做在存贮器的某些芯片上,每次机

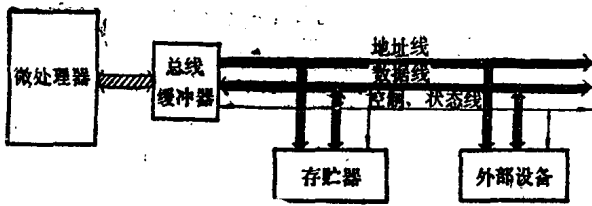


图1.1.2 微型计算机的基本结构

存储器RAM。这样计算机的基本结构也就随之变化为如图1.1.2所示。

随着计算机结构的不断改进,它的功能也在不断地加强和完善,对使用人员的要求也不断降低,操作的步骤不断地简化,使用越来越方便。早期的计算机需要使用人员事先把程序和数据,利用作孔的方式,记录在纸带或卡片上,然后利用纸带或卡片输入设备把这些孔信息读出来,转换成电脉冲信号,输入计算机的存储器,然后启动机器开始运行。这些设备不但体积大,可靠性差,而且操作复杂,使用人员准备的时间太长。目前,由于计算机的只读存储器ROM和随机存储器RAM的容量都可以做得很大,特别是,计算机中配有容量更大的设备,例如磁盘。因此,控制用户输入信息的程序,处理用户输入程序和数据的程序等,都可以做在ROM存储器或写到磁盘上,用户可在开机后的适当时间,从键盘输入相应的命令,计算机就会从ROM或磁盘中调出相应的处理程序。更有趣的是,计算机处理完用户输入的命令或数据以后,便从显示器输出一定信息,告诉用户处理后的结果,下一步你应该如何进行操作等。这样,计算机和操作使用人员之间的关系也起了根本变化。早期的计算机只是一种“死”的机器,被动地接受使用人员输入的命令和数据,而不能反过来向使用人员馈送各种状态和提示信息。而现在的计算机再也不是“死”的机器,它在使用过程中,可以随时和使用人员交换各种信息,进行通信对话,减少了使用人员的操作错误,降低了对使用人员的要求,极大地方便了用户。所以,目前的微型计算机一般只配有带键盘的阴极射线管显示器CRT。它的键盘用于向计算机输入命令、数据和程序,而显示器则是计算机输出显示的设备。如果需要把输出结果记录在纸上,而且需要快速

器通电开机时就不需要另行输入这些程序,只是从这个芯片中把程序读出来,就可以控制机器做这些操作,这种只管读出信息而不能写入信息的存储器称为只读存储器ROM。如果存储器存储的信息是随意写入和读出的,称为随机

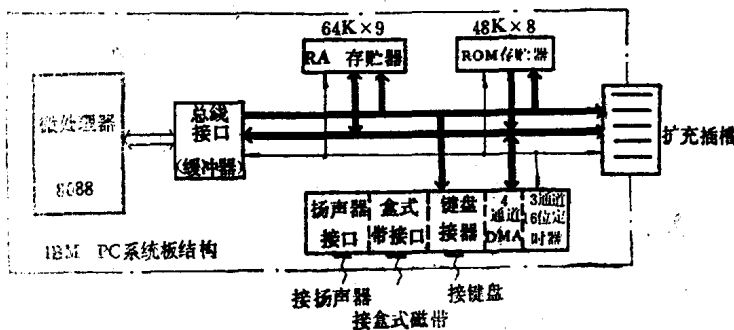


图1.1.3 IBM-PC系统框图

盘磁和行式打印机组成。

1.3 IBM-PC的基本结构

IBM-PC的基本结构包括8088微处理器、64K随机存储的存储器RAM、48K字节的只读

输出时,一般配有行式打印机做为输出设备。除此之外,还配有连接各种设备的接口电路板,用户需要时,可以随意将其它设备连接在接口板上。图1.1.3是IBM-PC16位个人微型计算机系统的系统板结构方框图。它的基本系统由中央处理机、存储器、显示器、键盘、

存贮器、扬声器接口、盒式磁带录音机接口和键盘接口，而且把这些电路和器件安排在一块印制板上，称为系统板。图1.1.3示出了IBM-PC基本系统的配置结构图。

1. 主处理器单元CPU

IBM-PC及其兼容机的主处理器均采用INTEL公司的8088微处理器芯片。它的内部的算术逻辑处理部件、通用寄存器、累加器等均为16位，和外部设备之间交换的数据宽度为8位，因而称IBM-PC微型机为准16位结构，也称为8位结构。

主处理器单元内部有8个16位的通用寄存器，用于存放操作数。寻址操作时，可以用于寄存器间接寻址、基址寻址、变址寻址以及基址加变址等多种寻址操作。它还可以实现16位的算术逻辑运算、16位数的移位、循环和16位数的串操作。

主处理器采用处理机状态字来反映CPU的操作状态，记录算术运算后的结果特征，实现各种条件转移、循环和重复控制操作。

主处理器和存贮器之间通过系统总线连接成一体。总线由 $A_0 \sim A_{19}$, 20根地址线、 $D_0 \sim D_7$, 8根数据线和各种控制、状态和请求线组成。20根地址线可以指定存贮器1M字节的物理空间。这样，可以通过扩充插座扩充存贮器容量。主处理器和I/O设备之间也是通过系统总线连接而成的。I/O(输入/输出)设备中，连接键盘的接口电路和适配器、连接盒式磁带的接口电路和适配器，均安装在CPU主处理器同一块印刷板上。它们和主处理器CPU、ROM存贮器以及时钟部件和其它DMA通道控制器、I/O设备中断控制器一起构成系统板。

2. 随机存贮器RAM

IBM-PC系统板上安装的随机存贮器仅有64K字节，分4个16K插座，每个RAM芯片为9位，8位存放数据，1位用于奇偶校验，以提高存贮器的可靠性。如果64K还不够使用，可以通过I/O插座扩充存贮器的容量，最大能扩充到600K字节。

3. ROM存贮器

系统板上安装的48K字节的只读存贮器ROM是利用PROM或EPROM器件构成的。ROM存贮器中存放盒式磁带BASIC解释程序、磁带操作系统、电源后的自动检测程序、I/O设备的驱动程序、128个字符的点阵图形与磁带引导程序。由于这些程序是固定在ROM存贮器里面的，使用时只是读出，因而不会破坏ROM存贮器中存放的程序，提高了系统的可靠性。

4. 四个DMA通道控制器

四个DMA通道控制器用一块芯片8253进行控制。其中三个通道用于高速外部设备(例如软磁盘等)的数据传送，另一个通道用于RAM随机动态存贮器的刷新操作。

5. 三通道16位的定时器和计数器

其中，0号通道用于动态RAM存贮器刷新时的定时器；1号通道用于日期时间的基准；2号通道用于扬声器的音调发生器。

6. 五个I/O插座

为了便于硬件扩充，提高IBM-PC的性能，增强功能，在系统板上还装有五个I/O插座，用于转插扩充外部设备的接口和适配器。其中，一个插座(槽)用于基本系统中的软磁盘驱动适配器，系统就可以带两个5 $\frac{1}{4}$ 吋软磁盘驱动器。另外还使用一个插槽转，

插IBM绿色显示器和并行打印机适配器，用以连接一台单色的CRT显示器和一台行式打印机。其余的一些外部设备，例如彩色显示器、异步通讯接口以及A/D、D/A转换板等均可利用I/O插槽接入IBM-PC基本系统。

1.4 基本系统数据流和数据通路

图1.1.3示出了IBM-PC基本系统的配置图，它反映出IBM-PC基本系统由哪些设备或单元部件组成，这些部件在系统中起到什么作用。但是，它没有说明基本系统中的各个部件之间是如何连接的，没有反映这些部件之间的结构关系、相互之间传送的数据流和构成的数据通路等。

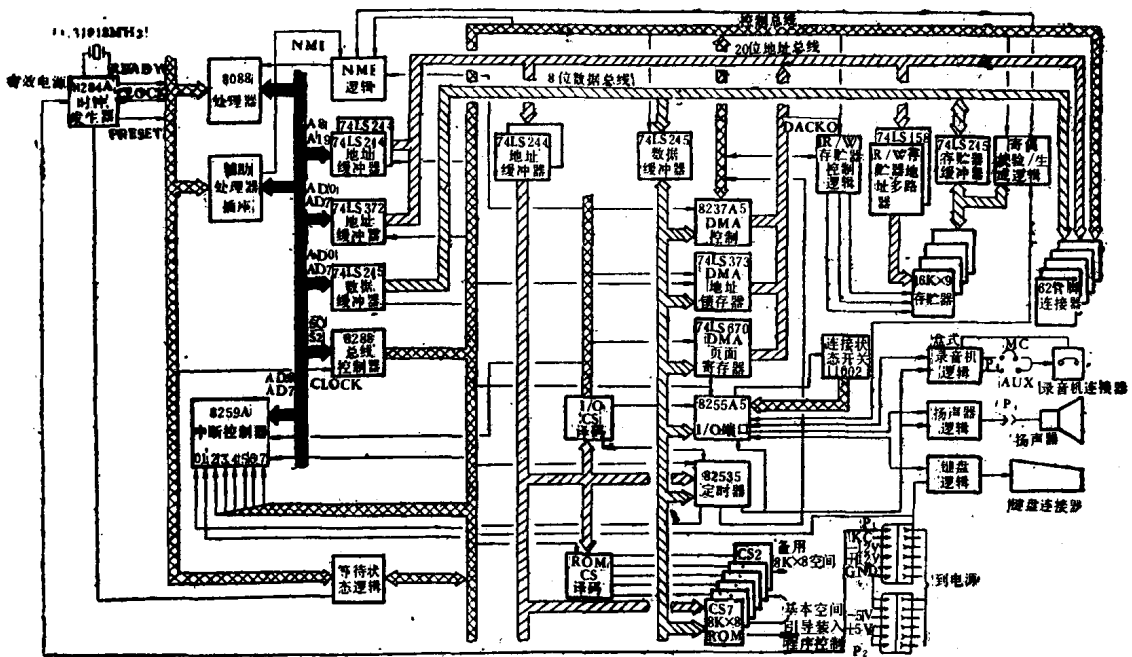


图1.1.4 基本系统结构数据通路图

图1.1.4是IBM-PC基本系统的结构图。它反映了主处理器、系统总线和存贮器、I/O设备和I/O扩充插槽之间的结构关系。为了掌握IBM-PC基本系统组成的基本思想，便于大家抓住主流，可以把基本系统分为几个大的组成部分：即主处理单元、系统总线接口、系统总线、存贮器和I/O设备接口和适配器。

1. 主处理器单元

由主处理器8088芯片、辅助处理器单元、系统时钟部件8284A和中断控制器组成。这是本系统中的核心部件，它担负着整个系统的数据加工处理，算术逻辑运算、I/O设备的操作控制和处理、系统操作的时序等作用。

① 时钟

它是产生4.77MHZ时钟脉冲的电路，向主处理器和辅助处理器提供时钟脉冲。同时还向系统发出等待WAIT时序。

② 主处理器8088。主处理器是系统中数据加工处理、各种算术逻辑运算、寻址运算、指令执行、程序走向的控制、I/O处理的核心部件，可分为执行部件EU和总线接口部件两部分。EU部件完成数据加工处理等运算，总线接口部件BIU用于和总线连接、程序走向与指令暂存等控制作用。前者类似于图1.1.1中的与运算部件，后者类似于控制器。

③ 辅助处理器。协助主处理器处理某些复杂数据处理的处理器，用于减轻主处理器的负担，提高系统的处理速度。最常见的有协处理器8087处理器，可以使系统的运算速度提高100倍左右。

④ 中断控制器。这是管理I/O系统中可屏蔽中断源的优先级部件，有八级中断优先权功能。主要接受I/O系统中发来的中断源请求信号，在此部件中排队选优，并对优先中断源发出中断响应信号，接收优先中断源的中断码，控制主处理器转入中断服务程序。

2. 总线接口部件

这部分是基于微处理器的特点加入的，用于处理器总线之间的信号驱动，总线控制和非屏蔽中断的控制作用。

① 总线控制器8288。在IBM-PC可以最大方式或最小方式组成系统。假若以最大方式组成系统，除了需要系统存储器、I/O的读出/写入信号之外，还需要产生控制总线的时序信号。根据主处理器中给出的多处理器系统所需的信号经过总线控制器8288以后，输出控制总线的时序信号。如果IBM-PC以最小方式组成系统，由于只是单一处理器进行操作，因此不需要总线控制器。如果以最大方式组成系统，CPU中还具有总线仲裁部件，用以控制总线的使用权，以便各处理器能够分时使用总线。

② 非屏蔽中断逻辑电路NMI是处理系统中非屏蔽中断源的逻辑电路，包含存储器校验错中断、系统掉电检测电路发出的掉电中断、总线传送过程中产生奇偶错误时产生的中断。这些中断源发出中断请求后，不受处理器中PSW中断标志位的控制作用，一律强制处理机停止当前执行的程序，转入中断处理程序。

③ 地址缓冲器。由于IBM-PC系统中具有20位地址，需要20根地址总线。CPU输出的地址线中， $AD_0 \sim AD_7$ 是共用的，因而地址缓冲器也需要把 $AD_0 \sim AD_7$ 与 $A_8 \sim A_{19}$ 分开，所以，它由两部分电路组成。其中， $AD_0 \sim AD_7$ 地址缓冲器实际上是地址锁存器，从地址数据线 $AD_0 \sim AD_7$ 中提取的地址码暂存于锁存器，等到地址 $A_8 \sim A_{19}$ 传送的地址信息到来时，一同拼成20位地址，然后再传送给系统的各个部件。 $A_8 \sim A_{19}$ 缓冲器只起三态驱动器的作用。

④ 数据驱动器是数据总线的驱动器。

3. 系统总线

系统总线是IBM-PC系统中的纽带,它通过总线接口部件,使处理器部件、存储器部件和输入/输出设备连接成一个有机的整体,传送这些部件之间相互交换的信息。

根据传送信息的种类,系统总线由地址线、数据线、控制、请求和状态信息线组成。

4. 存储器

IBM-PC系统板上的存储器有ROM48K×8只读存储器,RAM64K×9随机存储器。后者具有奇偶校验的功能。

5. 输入/输出设备

输入/输出设备通过相应的适配器接于I/O设备接口板上,再通过总线和处理机或者存储器连接成系统。由于各种I/O设备的要求不同,接口板的结构有所不同,交换信息的方式不同,形成的数据通路也不同。

如果需要扩充系统时,可以通过扩充插座扩充系统。由于扩充插座和系统板上其它I/O接口电路一样,共接于系统总线上,所以,扩充I/O设备也和系统板上的I/O设备一样,同系统中其它部件交换信息。

第二节 IBM-PC系统组成原理

IBM-PC的使用目的不同,对系统的处理效率、速度和功能的要求也不同。若使用在比较简单的环境,只需要单一处理器就可以完成操作。系统中有很多复杂、高速处理的操作,单一处理器就难于胜任,这时,要求系统能进行多处理器操作。以单一处理器操作为目的而组成的系统,规模小,要求的硬设备也少,称为最小组成方式,简称最小方式系统。以多处理器操作为目的而组成的系统,规模较大,系统控制信号也较多,要求的硬设备也多一些,称为最大组成方式,简称最大方式系统。

2.1 系统组成原理

1. 引言

从应用和功能的角度来考虑,IBM-PC微型计算机系统的组成有两种方式,一是最小方式组成系统,要求系统功能比较简单,单一微处理器效率比较低;二是最大方式组成系统,要求系统功能强,速度快,效率高,多个微处理器并行操作。从结构关系的角度讨论系统的组成。它从最小方式和最大方式中,把它们的结构抽象出来讨论它的组成和各部件的作用。

从两种角度讨论系统组成的目的是不同的,第一种角度主要搞清楚在最大方式和最小方式组成系统时,它的内部结构是如何组成的,各部件之间是如何协调工作的。第二种角度把两种方式的组成抽象成一种基本的结构,然后讨论它的组成原理,是讨论系统结构的基础。

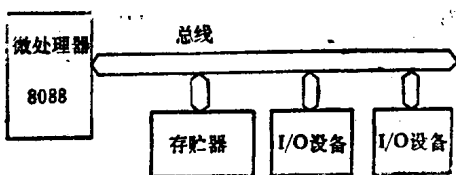


图1.1.5 IBM-PC结构关系图

2. 组成原理

IBM-PC微型计算机的系统组成,采用总线结构方式,从结构关系的角度,可以把它简化成图1.1.5。不难看出:

a) 微处理器、存储器和I/O设备,以总线为组

带，构成计算机系统。

b) 微处理器和存贮器，存贮器和I/O设备，以及微处理器和I/O设备之间都要经过总线交换信息。

c) 无论哪一个设备，如果需要和另一设备使用总线交换信息时，它必须首先请求使用总线，只有控制总线使用权以后才能进行通信。总线使用期间，通讯双方独占总线，其它设备不能插入总线操作。

d) 在一般情况下，总线的控制权应该掌握在经常需要使用总线的设备方面。其它设备需要使用时，可以向此设备发出请求，获得批准后就将总线权转让给请求的设备。

这些问题的解决，就需要搞清楚下面几个基本问题。

① 互锁式通讯。由于计算机系统中，微处理器、存贮器和外部设备都共接于总线上，为了保证每个设备能够有效地使用总线进行通讯，同时又充分发挥总线的效率，需要采用互锁式通讯。

所谓互锁式通讯，就是一种应答式的通讯方式。某设备需要使用总线时，便发出请求信号，当它获得响应，占用总线使用权时，就成为控制总线的设备，称为主设备；并由它指定通讯的伙伴，称为从设备。互锁通讯指的是在主设备和从设备使用总线进行通讯的这一段期间，从主设备向从设备发出开始通讯的主同步信号起，到从设备完成通讯操作和数据传送时，向主设备回答通讯完成的应答信号，便结束通讯周期，主设备释放总线控制权。这就是互锁通讯的过程。请求总线使用的过程称为主设备转移过程。

② 主设备和从设备。主设备是控制总线、开始总线通讯周期的设备。由于它掌握总的线使用权，所以必须在使用总线期间，由它发出总线的各种控制信号，如指定从设备的地址、总线操作方式是读还是写操作、总线操作时序等。

从设备是响应主设备完成总线操作周期的设备。它能够识别主设备发出的地址，按总线操作方式准备传送的数据，在数据准备好后向主设备发出应答信号。

在计算机系统中，处理机一般都是当然的主设备，平时由它控制总线。存贮器是从设备，I/O设备可以是主设备，也可以是从设备。当进行DMA操作时，I/O设备必须是主设备。

③ IBM-PC微型机系统中，无论以最小或最大方式组成系统，由于微处理器、I/O设备和存贮器都需要经过总线进行通讯。因此，必须是互锁式通讯。在平时，由微处理器控制总线的使用权，它是当然的主设备。在DMA操作时，I/O设备成为主设备，直接和存贮器进行通讯。如果系统中没有高速I/O设备，则微处理器总是控制总线进行通讯。

最小方式组成系统时，虽然只有一个处理器，但是还有高速设备要使用总线进行通讯，所以还存在总线控制权的转移问题。在一般情况下，由微处理器控制总线，以便微处理器进行取指、寻址和存/取操作数的操作。当I/O设备需要DMA操作时，便向微处理器发出请求信号（相当HOLD信号），微处理器在一次周期结束时，发出响应信号并释放总线控制权，主设备转移给请求DMA操作的设备。

因此，8088微处理器即使接成最小方式组合时，也需要具有完成总线主设备转移、总线

操作方式、总线操作时序等控制信号的能力。当微处理器不是主设备的时候，它控制总线的所有控制信号的端口都应该浮空，以免影响系统其它主设备的总线操作。

最大方式组成系统时，多个微处理器，和系统中配置的高速设备，都按图1.1.5的形式，通过总线互连成系统。虽然有多个微处理器进行操作，但是它们并非完全独立地并行处理的关系。在这些微处理器中，8088微处理器是系统中的主处理器，由它掌握总线的控制权，其它微处理器，只是完成某些专门的处理功能，因此，它们也和系统的I/O设备一样接于总线。当要进行总线操作时，也和其它设备一样，向主处理器发出请求，获得总线控制权以后，它就成为主设备并进行总线通讯。

2.2 最小方式系统的组成

一般，IBM-PC和它的兼容机都是最小方式组成的系统。这种系统中，配有8088微处理器、存贮器和各种输入输出设备，它们都按总线方式连接成系统。各设备之间的结构关系如图1.1.6所示。

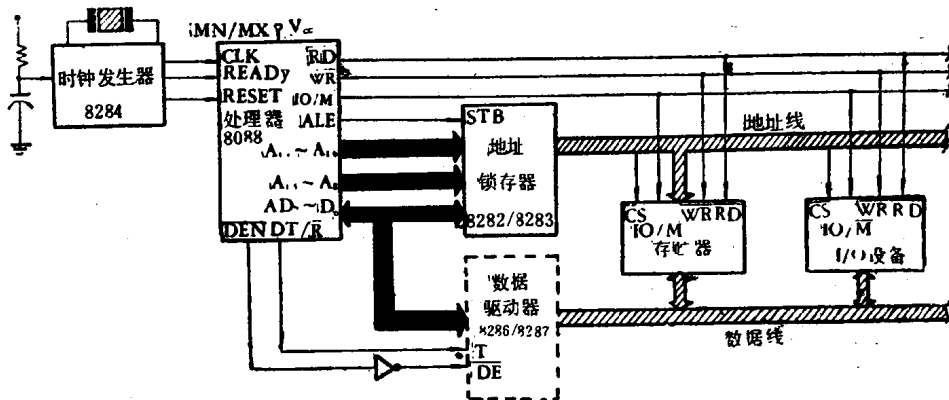


图1.1.6 最小方式系统的结构

1. 最小方式系统的组成

从图1.1.6可以看出，系统总线从8088微处理器输出，经过地址锁存器和数据驱动器接于系统。所以，8088微处理器是系统中的当然主设备。在一般情况下，由它控制总线使用权。存贮器在系统中存放数据和程序，无论哪个设备和它操作，由于它没有主动要求和那一设备交换数据的可能，在系统中永远是从设备。I/O设备的情况比较复杂、要看它和哪个设备交换信息。当它和微处理器进行通讯时，是从设备；当它和存贮器通讯时，是主设备。

最小方式系统中，各设备间的通讯情况如下：

微处理器和存贮器通讯时，微处理器是主设备，存贮器是从设备。在这种通讯关系中，微处理器一般用于取指令，在执行指令的过程中，用于寻址操作和存/取操作数。

微处理器和I/O设备通讯时，微处理器是主设备，I/O设备是从设备。微处理器利用这种通讯读/写I/O设备的状态控制信息，同时，还和低速的I/O设备交换数据信息。

I/O设备和存贮器通讯时，I/O设备是主设备，存贮器是从设备。如果I/O系统中的高速设备希望和存贮器交换信息时，它首先向微处理器请求总线使用权，只有获得总线控制权，才可以开始和存贮器通讯。这种通讯又称为DMA操作。

在最小方式的系统中，不存在I/O设备和I/O设备交换信息的通讯。

2. 最小方式的硬件连接

IBM-PC微型机出厂的结构一般可用开关接成最小/最大方式的结构，但辅助处理器需由用户接入。接成最小方式系统是由硬件的连接而成的，并非程序能完成的工作。

最小方式的系统中，微处理器和总线的连接关系如下：

① 微处理器的MN/MX最小/最大引脚需要直接接到电源上；

② 微处理器输出读控制信号 \overline{RD} 、写控制信号 \overline{WR} 和IO/ \overline{M} 输入输出设备/存储器选择信号，都直接接到总线的对应控制线上；

③ 地址线、地址数据线（AD₀~AD₇、A₈~A₁₉）接到地址锁存器。地址锁存允许信号ALE接到地址锁存器的选通端；

④ 数据线有两种接法，一种是直接接到数据总线上；一种是经过数据驱动器后接到数据总线上。如果是后一种连接，需要把数据发送/接收信号DT/ \overline{R} 、数据允许 \overline{DEN} 信号接到数据驱动器的发送T和数据允许DE端。若是前一种接法，则DT/ \overline{R} 、 \overline{DEN} 两控制信号不用。

3. 最小方式控制信号的定义

最小方式系统组成时，将要影响到处理器8088芯片40条引脚₂₄~脚₃₁的不同定义：

① 把8088芯片中MN/MX脚接至电源V_{CC}，则系统为最小组态。

② IO/ \overline{M} ：是控制区分是存储器访问还是IO（输入输出设备）访问的控制线。若IO/ \overline{M} 引线呈现高电平，表示总线操作是输入输出设备进行的操作；若呈现低电平，表示总线操作为存储器操作。若系统中高速外部设备要进行直接和存储器交换数据时，总线的控制权应转让给该设备的直接存储器传送DMA控制器。此时，处理器的IO/ \overline{M} 引脚浮空，所以此引脚必为三态输出线。

③ \overline{WR} 写控制线：是控制总线数据传送方向和存储器或输入输出设备进行读写操作的控制线。此线呈现低电平时，表示写入操作，数据应从处理器输出写入存储器，或者输出。写入输出设备的数据寄存器，或者输入/输出设备的状态控制寄存器。究竟写入那一设备，由IO/ \overline{M} 控制线进行控制。若系统中为高速外部设备的直接存储器DMA操作时，处理器的 \overline{WR} 控制信号不能使用。此时，由该设备的DMA控制器输出此控制信号，处理器的 \overline{WR} 引脚浮空。因而，它亦是三态输出线。

④ \overline{RD} 读出控制线在IO/ \overline{M} 控制线协同下控制从输入或输出设备中读取数据状态或信息，或者从存储器里读取数据信息。此线低电平时表示进行读操作。若系统中进行直接存储器传送时，读出控制信号应由该设备的DMA控制器进行控制，此时引脚浮空。处理器为三态输出。

⑤ \overline{INTA} 中断响应线：处理器响应系统中的中断请求信号时，如果允许中断请求，则处理机输出中断响应信号 \overline{INTA} ，此时引线呈现低电平。它只有在处理器的中新响应周期时，此信号才起中断响应的控制作用。

⑥ ALE地址锁存允许(Addrass Latch Enable)信号，由处理器输出送至地址锁存器的控制信号。当此线呈现高电平时，则把总线中地址——数据线AD₀~AD₇和A₈~A₁₉的信息打入地址锁存器，作为地址信息锁存起来。

⑦ DT/ \overline{R} 数据发送/接收控制线。在最小方式组成系统时，为了增强数据总线的驱动能力而使用的总线驱动器。由于数据是双向传送，当处理器向总线输出数据时，此数据控制线

为数据发送状态，呈现高电平，驱动器在此信号的控制下，将处理器输出至数据线的信息进行功率驱动后发送到数据总线；若此信号为接收状态时，呈现低电平，控制驱动器接收数据总线的的数据，并输入处理器。如果系统规模不大、数据总线的负载不多时，最小方式也可以不加数据驱动器，因而不需DT/R控制信号。当系统中某高速外部设备进行直接存贮器DMA操作时，则处理器不需从数据总线接收数据，也不需要向数据总线发送数据，此时引脚浮空，因而为三态输出线。

⑧ \overline{DEN} 数据允许信号。在最小系统中，若加入数据总线驱动器时，需要控制驱动器中的发送器，在处理器输出数据时才向驱动器发出数据允许信号 \overline{DEN} ，使驱动器有效的向数据总线发送数据。否则，驱动器总线为高阻浮空状态，不至影响数据总线的传送。如果系统进行直接存贮器DMA传送时，需要把数据驱动器8286/8287和系统数据总线隔离，所以， \overline{DEN} 信号呈现浮空状态。

⑨ HOLD和HLDA信号。在最小方式系统中，只有一个处理器，一般情况下由这个处理器控制系统总线的使用权。假若系统中有某台外部设备需要进行DMA操作时，该设备必须向处理器CPU发出使用总线的请求信号，请求成为系统主设备。HOLD信号就是别的主设备要求占用总线时向CPU发出的总线请求信号，此信号呈现高电平时表示有请求。

当CPU接收到总线请求信号HOLD后，如果允许别的主设备使用总线并成为总线控制权的主设备时，就向系统输出高电平的总线响应信号（HLDA HOLD Acknowledge），表示处理器CPU已释放总线控制权，使CPU的地址线、数据线和相应的控制线浮空。

假如CPU检测到总线请求信号HOLD变为低电平时，则要收回总线控制权，使响应信号HLDA也随之变为低电平，结束主设备的总线操作周期，CPU又占用总线。因此，别的主设备进行总线操作期间，应一直保持总线请求信号HOLD为高电平的有效状态。

⑩ \overline{SSO} 状态信号线。它和输入输出/存贮器控制信号线 IO/\overline{M} 、数据发送/接收控制线 DT/\overline{R} 一起，决定现行总线应该进行什么操作周期，表1.1.1为总线操作周期的状态表。

2.3 最大方式系统的组成

表1.1.1 总线操作周期的状态表

IO/\overline{M}	DT/\overline{R}	\overline{SSO}	现行总线操作状态
1 (高)	0 (低)	0 (低)	中断响应，接收中断码周期
1	0	1	读I/O状态或数据周期
1	1	0	写I/O状态或数据周期
1	1	1	暂停 (Halt)
0	0	0	CPU取指令周期
0	0	1	读存贮器周期
0	1	0	写存贮器周期
0	1	1	无作用

最大方式系统组成的最大特点是系统中多个处理器进行操作。IBM-PC扩充系统中，一般加入8087浮点处理器和8089I/O处理器。多处理器并行处理时要处理好下述几个问题：

- ① 多处理器并行操作时各处理器间的操作同步问题。
- ② 各处理器间的任务协调，保证相互之间协调操作。
- ③ 多处理器系统共用设备的共享和分配的问题。

④ 系统总线使用权的占有问题，等等。

在IBM-PC的基本系统中，加入8087浮点处理器和8089I/O处理器以后，各处理器之间并非完全平等的并行操作，而是在主处理器8088的控制和协调之下进行并行操作。任务由8088主处理器进行分配，各辅助处理器均和主处理器8088之间建立互锁式的异步通讯，各个辅助处理器只有请求主处理器并获得允许以后才能通过总线，使用系统中的资源（或设备），因而不存在各辅助处理器对系统资源和总线进行竞争的问题。

根据这样的原则来组成最大方式系统时，在系统结构、总线时序和控制信号的定义，以及主处理器的引线方面都要做相应改动，而且这种改动是硬件方面的变动，非程序修改能完成的。

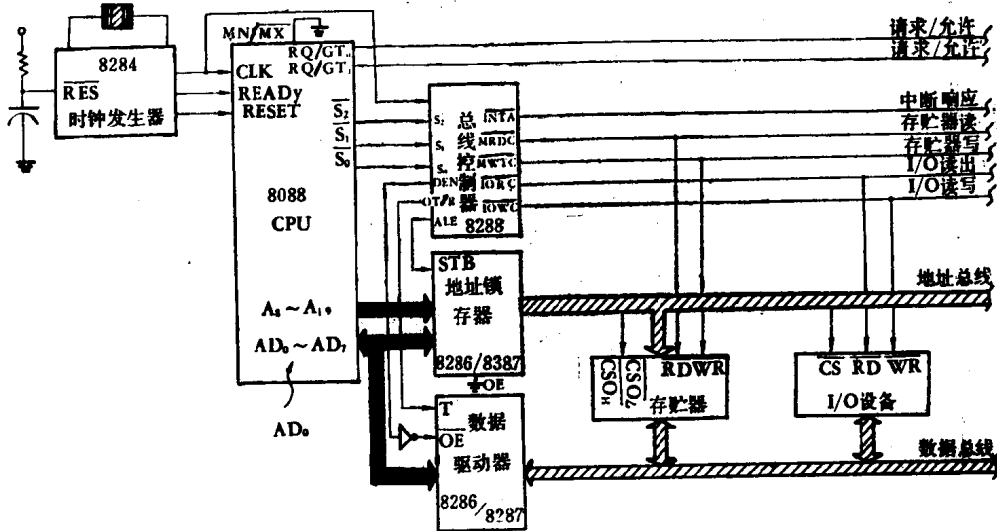


图1.1.7 IBM-PC最大方式系统的组成

1. 最大方式系统的组成

系统需要扩充到最大方式系统时，需要将8088主处理器中的最小/最大方式引脚接地，在系统中加入总线控制器，以保证将8088处理器输出的状态信息转换为系统中的总线控制信号。加入总线控制器以后的最大方式系统的组成结构和各功能部件之间的关系如图1.1.7所示。

图1.1.7仅示出在最大方式系统时，主处理器8088和系统之间的关系，并没有给出辅助处理器和系统的结构关系，这方面的内容将在后面的章节中详细介绍。

2. 最大方式系统的控制信号

在最大方式系统中，总线需要的控制信号都是从总线控制器8288芯片发出的。它的原始状态仍接受主处理器的控制，这些信号之间的关系如下：

① $\overline{S_2}$ 、 $\overline{S_1}$ 、 S_0 主处理器输出的总线操作周期状态信号线。它们的状态和总线操作周期的关系如表1.1.2所示。

主处理器输出这些信号送到8288总线控制器后，产生系统中有关存储器或I/O设备的访问周期并发出相应的控制信号。

S_2 、 S_1 和 S_0 只有在系统时序 T_4 周期期间变化时才指示一个总线周期的开始， T_3 周期或 T_w 周期时表示总线周期结束，返回到无源（不用）状态。如果在系统中有DMA直接存储器