

IBM PC 编程技术 及汇编语言程序库

周美玉 蒋兆远 编

西南交通大学出版社

IBM PC
编程技术及汇编语言程序库

周美玉 蒋兆远 编

西南交通大学出版社

内 容 简 介

本书首先扼要地介绍了 IBM PC 微型计算机的基本硬件和软件,着重对系统功能调用、输入/输出功能扩展方法及各种语言程序之间的连接技术作了较深入的讨论。并在此基础上介绍了一个涉及面广、内容丰富的汇编语言程序库。这个程序库包括了输入/输出、二进制转换、BCD 转换、浮点数转换、多位数运算、绘图、音频、串操作和文件管理等方面的汇编语言程序一百多个。这些程序都是经过优选的,具有较高的编程技巧,可以方便地由各种高级语言或汇编语言程序调用。

本书在内容编排上注意联系实际,由浅入深,每个程序都有功能、输入、输出、寄存器占用、段访问、子程序调用等说明,便于初学者学习使用。

本书可供 IBM PC 及其兼容机的用户,以及从事微机应用工作的工程技术人员和大专院校有关专业的师生参考。

IBM PC 编程技术及汇编语言程序库 IBM PC BIANCHENG JISHU JIHUIBIANYUYAN CHENGXUKU

周美玉 蒋兆远 编

*

西南交通大学出版社出版发行

(四川 峨眉山市)

四川省新华书店经销

西南交通大学出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.75

字数: 454 千字 印数: 6001—11000 册

1988 年 7 月第一版 1990 年 5 月第三次印刷

ISBN 7-81022-015-2/TP 001

定价: 4.60 元

前 言

近年来,微型计算机技术发展很快,产品更新尤为迅速。美国国际商业机器公司(IBM)推出的 IBM PC 系列微型计算机,由于技术先进,拥有强有力的软件与硬件支持,已成为国际上广泛使用的微型计算机。我国研制的长城 0520 微型计算机与 IBM PC 兼容,是国产微机的优选机型。因此,IBM PC 及其兼容机在我国有着广阔的市场。

随着微型计算机应用技术的普及,许多用户希望能扩大计算机现有的功能。也就是说,不但要求微型计算机能做那些传统的工作,例如使用高级语言程序进行一般的科学计算和事务管理,而且要把微型计算机用于快速计算、快速文件处理、图像显示和音响效果等领域。要使计算机具有这些比较复杂的功能,用户必须对机器结构、指令系统有所了解,必须用汇编语言编写一些能完成特定任务的程序,并掌握高级语言程序与汇编语言程序的连接技术。本书第一章扼要地介绍了 IBM PC 的基本硬件和软件。前两节主要介绍系统单元、主要外部设备。第三节的内容十分重要,这一节详细地介绍了 IBM PC 的基本输入/输出系统 ROM BIOS 和磁盘操作系统 PC DOS 的软件中断及功能调用。这些内容是编制高效率汇编语言程序的基础,与本书提供的许多汇编语言程序有着密切的联系。深入了解 BIOS 和 DOS 系统的各种功能调用,有助于读者充分利用 IBM PC 的各种硬件及系统软件的功能,提高程序质量。

越来越多的用户希望 IBM PC 能够一机多用,除进行一般的科学计算和事务管理外,还能进行工业实时控制和数据采集与处理。为此,我们在第一章还介绍了 IBM PC 在这个方面的功能扩展技术。

本书第二章详细讲述了汇编语言程序之间,各种高级语言程序与汇编语言程序之间的调用和连接方法。在解决各种实际问题时,我们有时需要全部用高级语言编写程序,有时需要全部用汇编语言编写程序;但在更多的场合,如果能把两种语言编写的程序组合起来,可以充分发挥它们各自的特点,使整个程序结构更加合理,效率更高。本书是适合不同层次的读者需要的。许多读者可能比较熟悉某一种高级语言,但对汇编语言和机器结构了解不多。他们也许很需要自己的高级语言程序中调用一段汇编语言子程序来执行某种操作。但要让他们自己编写这样的子程序是困难的,因为这需要许多汇编语言和机器软、硬件方面的知识。本书第二章介绍的程序连接方法就大大地方便了这些读者。他们只须在本书提供的程序库中找出需要的子程序,然后用本书介绍的方法把它们和用户编写的高级语言主程序连接起来,就可以得到一个完整的执行程序。对于具有一定汇编语言编程经验,已经对 IBM PC 的软、硬件比较熟悉的读者,本书同样是非常有用的。因为本书提供的程序都是经过优选的,具有较高的编程技巧,其中许多程序实际上改进了 IBM PC 的系统功能调用子程序。以绘图功能来讲,本书提供的在屏幕上画点的程序执行速度比 IBM BIOS 画点程序快三倍。有经验的读者可以结合第一章第三节的内容,利用本书提供的程序来大大提高自编程序的质量,也可以把本书作为新的起点,在此基础上建立更完善、功能更强的程序库。

本书第三章到第十一章是一个比较完整的汇编语言程序库。我们把一百多个程序按照其功能划分为输入/输出、二进制转换、BCD 转换、浮点数转换、多位算术运算、绘图、音响、串操作及文件管理等九个章节。每章开头是本章的程序名列表，并做一些简单的说明，指出本章程序的应用范围、目的以及程序的一些特点和要求。读者可以在本章的开头部分很快地找到所需的程序。例如，要找一个能在屏幕上画点的程序时，我们可以查看第八章的程序名列表。表中有两个画点的程序（SETPT 和 XORPT），其中第一个程序用设定的方法画点，第二个程序用“异或”逻辑方式画点。程序名列表后的说明可以使我们了解这两种画点程序的异同，以便选择使用。

本书提供的汇编语言程序都有详细的说明，包括程序的名称、功能、输入、输出、寄存器占用、段访问、子程序调用及注释。这些说明可以帮助读者使用程序，而不必对程序本身做详尽的研究。说明下面就是源程序列表。源程序的第一行几乎总是 PROC 伪指令，这是过程（PROCEDURE）的缩写。我们可以把每个汇编语言子程序都看成是一个过程。过程就是完成某一特定任务的程序段，可以由主程序或别的子程序调用。每个过程都由伪指令 PROC 开始，由伪指令 ENDP 结束，这两个伪指令是配对使用的。

在源程序列表中，我们几乎对每条指令都做了注释。若用几条指令完成一个操作，则在第一行做出注释。我们还用空白行把程序分成几个逻辑段，这样便于读者了解程序结构及各条指令执行的操作。

我们的程序库是由不同级别的子程序组成的。例如，有的子程序只能在屏幕上写一个字符，仅完成一个低级的操作。而有的子程序可以在屏幕上写多个字符，它实际上是通过多次调用前一个子程序来实现这个较高级的操作。我们在程序排列次序上考虑了它们的级别，把较低级的子程序安排在前面，这样就保证了需要调用的子程序都是已出现过的。这样可以使程序结构更加合理。用户在编制汇编语言程序时也应该按照这个顺序排列，以简化汇编时的工作，产生效率更高的目标代码。

本书中的许多程序与 IBM PC 的磁盘操作系统有关。我们选用了应用最广泛的 DOS 2.0 版本。不过，书中许多程序也可以用于 DOS 1.0 版本或 CP/M-86。特别是第三章的输入/输出程序对以上三个系统都是适用的。

本书适用于 IBM PC、PC/XT、国产长城 0520 微型计算机，以及采用 8088 微处理器作为 CPU，与 IBM PC 兼容的其它型号的计算机。为了使用有关的绘图程序，需要 IBM PC 的彩色/图形适配器。本书有关音响的程序利用了 IBM PC 机内扬声器及定时电路。要使用这些程序，IBM PC 的兼容机也应该有这些装置。

在本书的编写过程中，卢群光同志做了许多工作，并参加了本书程序的调试工作。廖素芳同志也参加了第二章第四节的编写工作。西南交通大学出版社的同志为本书的尽早出版做了许多工作，在此一并表示感谢。

由于我们水平有限，书中的错误和不足之处敬请读者批评指正。

编 者
1988年1月

目 录

第一章 IBM PC 的硬件 软件基础

§ 1.1 IBM PC 的基本结构	1
一 系统单元	1
二 主要的外部设备	4
§ 1.2 Intel 8088	7
一 8088 寄存器组	7
二 内存分段	8
三 8088 的指令系统	9
四 8088 的寻址方式	13
五 堆栈操作	15
六 标志寄存器简介	16
七 子程序调用	16
八 8088 的中断方式	17
§ 1.3 系统中断及子程序调用	19
一 ROM BIOS 及 PC DOS 简介	19
二 BIOS 软件中断	19
三 DOS 中断	27
四 DOS 功能(子程序)调用	28
§ 1.4 IBM PC 的功能扩展	41
一 输入/输出通道	41
二 A/D、D/A 转换接口	42
三 开关量 I/O 并行接口	45
§ 1.5 IBM PC 宏汇编程序	51
一 宏汇编语言的基本语法	51
二 常用的伪指令	52
三 汇编语言源程序举例	55
四 程序的汇编与连接	58

第二章 程 序 连 接

§ 2.1 汇编语言程序之间的连接	59
一 程序分段	59

二 汇编语言程序之间的连接方法	60
§ 2.2 BASIC 语言与汇编语言程序之间的连接	68
一 BASIC 程序在内存中的存放形式	69
二 连接方法	70
三 编译 BASIC 程序与汇编语言程序的连接	78
§ 2.3 FORTRAN 语言与汇编语言程序之间的连接	79
一 参数的传送	79
二 调用方法	81
三 编程时应注意的一些问题	82
四 与 FORTRAN 主程序相连接的汇编语言子程序的调试	83
五 应用举例	84
§ 2.4 Pascal 语言与汇编语言程序之间的连接	88
一 有关的 Pascal 语句和调用约定	88
二 连接方法	91

第三章 输入/输出

§ 3.1 能显示的标准输入	94
§ 3.2 不能显示的标准输入	94
§ 3.3 标准输入检查	95
§ 3.4 标准输出	96
§ 3.5 直接标准输出	96
§ 3.6 回车/换行标准输出	97
§ 3.7 空格标准输出	98
§ 3.8 输出一段信息	98
§ 3.9 通讯口的初始化	99
§ 3.10 通讯口输入检查	100
§ 3.11 通讯口输出	101
§ 3.12 开通讯口	102
§ 3.13 关通讯口	103

第四章 二进制转换

§ 4.1 二进制数的 ASCII 码转换为内部 16 位二进制数	105
-----------------------------------	-----

§ 4.2	8 位二进制数转换为二进制数的 ASCII 码	106
§ 4.3	16 位二进制数转换为二进制数的 ASCII 码	107
§ 4.4	八进制数的 ASCII 码转换为 16 位二进制数	108
§ 4.5	8 位二进制数转换为八进制数的 ASCII 码	109
§ 4.6	16 位二进制数转换为八进制数的 ASCII 码	111
§ 4.7	十六进制数的 ASCII 码转换为 16 位二进制数	112
§ 4.8	8 位二进制数转换为十六进制数的 ASCII 码	113
§ 4.9	16 位二进制数转换为十六进制数的 ASCII 码	114
§ 4.10	十进制数的 ASCII 码转换为 16 位二进制数	116
§ 4.11	8 位二进制数转换为十进制数的 ASCII 码	117
§ 4.12	16 位二进制数转换为十进制数的 ASCII 码	119

第五章 BCD 码转换

§ 5.1	十进制数的 ASCII 码转换为 BCD 码	121
§ 5.2	BCD 码转换为十进制数的 ASCII 码	123
§ 5.3	BCD 码转换为 16 位二进制数	125
§ 5.4	16 位二进制数转换为 BCD 码	127

第六章 浮点数的转换

§ 6.1	带符号十进制数的 ASCII 码转换为二进制数	134
§ 6.2	暂时浮点数转换为单精度数	135
§ 6.3	单个十进制数转换为浮点数	138
§ 6.4	暂时浮点数的规格化	139
§ 6.5	暂时浮点数乘以 10	139
§ 6.6	暂时浮点数除以 10	140
§ 6.7	外部到内部的浮点数转换	141
§ 6.8	单精度浮点数转换为暂时浮点数	147
§ 6.9	显示浮点数	148

§ 6.10	80 位二进制数转换为十进制数	150
§ 6.11	暂时十进制浮点数的规格化	152
§ 6.12	二等分一个暂时十进制浮点数	153
§ 6.13	加倍一个暂时十进制浮点数	154
§ 6.14	内部到外部的浮点数转换	155
§ 6.15	内部浮点数转换为 16 位整数 (FIX)	158
§ 6.16	16 位整数转换为浮点数 (FLOAT)	160
§ 6.17	单精度数转换为双精度数	162
§ 6.18	双精度数转换为单精度数	163

第七章 多位数运算

§ 7.1	多位数相加	164
§ 7.2	多位数相减	166
§ 7.3	多位数相乘	167
§ 7.4	多位数相除	169

第八章 绘图

§ 8.1	清屏幕	175
§ 8.2	用设定方式画点	176
§ 8.3	用异或方式画点	178
§ 8.4	确定屏幕上指定点的颜色	179
§ 8.5	框形图填色	181
§ 8.6	异或方式的框形图填色	185
§ 8.7	画 线	188
§ 8.8	画笔划字符	192
§ 8.9	画光栅字符	194
§ 8.10	在图形屏幕上显示一个字符串	196
§ 8.11	区域涂色	198

第九章 音 响

§ 9.1 定时器的初始化	204
§ 9.2 建立音频	205
§ 9.3 接通音响	206
§ 9.4 关闭音响	207
§ 9.5 延 时	208
§ 9.6 设置相应的频率数	208
§ 9.7 发出音响	209
§ 9.8 线性定标	210
§ 9.9 伪随机数发生器	211
§ 9.10 白噪声	212
§ 9.11 机器噪声	213
§ 9.12 产生滑音	214
§ 9.13 红色报警声	216
§ 9.14 音调频率转换	217
§ 9.15 演 奏	218
§ 9.16 胜利号角	219
§ 9.17 施特劳斯小号协奏曲	223

第十章 串 操 作

§ 10.1 大写字母转换为小写字母	227
§ 10.2 小写字母转换为大写字母	228
§ 10.3 搜索字符串	229
§ 10.4 插入字符串	231
§ 10.5 搜索词典	233
§ 10.6 插入词典	235
§ 10.7 比较两字符串	236

§ 10.8 交换两字符串位置.....	237
§ 10.9 冒泡排序法.....	238

第十一章 文件管理

§ 11.1 异常信息输出.....	242
§ 11.2 得到文件标识符.....	244
§ 11.3 建立文件	245
§ 11.4 关闭文件	246
§ 11.5 写文件	247
§ 11.6 读文件	248
§ 11.7 循环缓冲区初始化	248
§ 11.8 存一个字节到循环缓冲区	249
§ 11.9 循环缓冲区输入	250
§ 11.10 清循环缓冲区.....	252
§ 11.11 循环缓冲区输出	253
§ 11.12 存入磁盘文件	254
§ 11.13 回车/换行过滤器.....	257
§ 11.14 文件转换为 WORDSTAR 格式.....	259
§ 11.15 文件中字或字符的计数	261
附录 A CRT 显示输出码	266
附录 B 扩展的键盘代码.....	268
附录 C 键盘扫描代码.....	269
附录 D 宏汇编程序的指令.....	272
参考文献	

第一章 IBM PC 的硬件、软件基础

IBM PC 微型计算机是美国国际商业机器公司 (IBM) 于 1981 年推出的产品。PC 是 Personal Computer 的缩写。该机具有优良的性能/价格比, 该公司把它的软、硬件的技术规范完全公开, 以便让其它厂家和用户为 PC 生产配套的软、硬件产品, 这样就使 PC 得到了强有力的软、硬件支持, 受到了用户的欢迎。

IBM PC 采用了 Intel 公司的准 16 位的微处理器 8088 作为 CPU, 并可以加装 8087 协处理器以提高计算速度。

1983 年 3 月, IBM 公司推出了 IBM PC 的首批重要改进型产品 IBM PC/XT。其内存可扩展为 640 K, 并装有一个 5 英寸双面软盘驱动器和一个 10 M 字节的硬盘驱动器, 从而大大增强了存贮能力。IBM PC/XT 的电源功率为 130 W, 完全满足了硬盘及扩充接口的需要。IBM PC/XT 继续采用 40K ROM, 软件经过重新设计, 能支持 PC DOS 2.0 和 2.1 版本操作系统。

我国研制的与 IBM PC/XT 兼容的长城 0520C-E 微型计算机是我国高档微机的优选机型, CPU 也采用 8088。它具有可扩展到 512K 的 RAM 和 40K ROM。具有两台 5 英寸软盘驱动器和一台 20M 硬盘驱动器。

IBM PC 微型机投入市场后, 很多厂家研制了与 IBM PC 兼容的微型机, 而更多的公司和厂家研制用于不同场合的硬件接口和各种系统软件。就操作系统而言, IBM 公司从 Microsoft 公司购买 MS-DOS, 并以 PC DOS 为名, 发行了多种版本。第一版叫做 PC DOS 1.00, 是和第一批 PC 机同时发行的。第二版叫做 PC DOS 1.10, 是与双面磁盘 (320K) 驱动器同时发行的。而最通用的第三版就是 PC DOS 2.00, 发表于 1983 年 3 月。PC DOS 2.00 的功能比以前的操作系统有较大的改进, 主要表现在: (1) 可以支持硬盘; (2) 增加了软盘的存贮容量, 由每磁道 8 个扇区增加为 9 个扇区, 使每个双面双密度软盘的存贮能力提高为 360K; (3) 采用树形结构目录, 对文件的数量几乎没有限制; (4) 增加或增强了许多新的命令; (5) 增强了内部调用功能。

在 IBM PC 及其兼容机上使用的其它操作系统还有 CP/M-86、UCSD-P 等。许多公司为 IBM PC 提供了各种程序语言、数据库软件、计算机文件管理软件、组合软件、文字处理软件、通讯网络软件等品种繁多的系统软件和语言。正是由于众多的硬件和软件的支持, 使 IBM PC 微型计算机目前在世界上处于微型机的主流地位。

§ 1.1 IBM PC 的基本结构

一、系统单元

(一) CPU

计算机系统的核心是中央处理单元, 简称为 CPU。IBM PC 采用了 Intel 公司研制的

8088 芯片。8088 同时具有 16 位以及 8 位微处理器的特点。它的内部数据通道和寄存器都是 16 位的，能处理 16 位数据；但它的外部数据总线是 8 位的，因此它可以方便地使用 8 位微处理器设计的各种硬件接口。8088 CPU 与大多数 8 位微处理器的区别在于 CPU 内部有分开的两个单元，并行地进行信息传送和处理。这两个单元是总线接口单元 BIU 和执行单元 EU，（见图 1—1）。BIU 负责与存储器的数据传输，把内存中的指令送至指令流队列中排队，执行指令所需要的操作数也由 BIU 从内存中取出，传送给负责执行指令的执行单元 EU 去执行。这样，由于取指部分与执行部分是分开的，两个单元的工作可以重叠或并行地进行。这就大大减少了取指令所需时间，提高了 CPU 的使用效率。

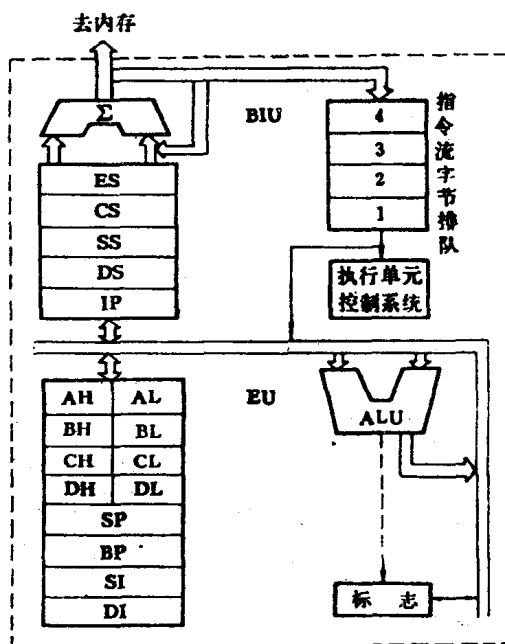


图 1—1 8088 功能结构图

8087 数值协处理器是为 IBM PC 提供的选件，它是具有高速处理数值的特殊结构的一种微处理器，但不是系统的 CPU。8087 协助 8088 工作，来提高数值计算速度。

(二) ROM

IBM PC 使用了 40 K 的只读存储器 ROM。其中的 32 K ROM 装有盒带 BASIC 语言解释程序，另外 8 K 装有基本输入/输出系统 BIOS。固化在内存中的盒带 BASIC 具备了 BASIC 解释程序的基本功能，而常用的磁盘 BASIC 及 BASICA 扩展了磁带 BASIC 的功能。BIOS 是一组重要的控制程序，可完成系统自检、对外设进行控制等功能。

我们可以用扩展板把 ROM 区扩展到 256 K，在扩展的 ROM 区中可以存放新的外围设备的驱动程序或者汉字库，也可以存放各种应用程序。

(三) RAM

IBM PC 在系统板上的标准 RAM 仅有 64 K，目前由于使用了 64 K×1 的芯片，可在系统板上安装 256 K RAM。经扩展板扩展后，RAM 的总容量可达 640 K。存储器的每 8 位（一个字节）都附加了一位奇偶检测位。存储器工作时如发现奇偶检测出错，将向 CPU 发出一个不可屏蔽的中断信号 NMI，由系统的相应软件处理，这样可提高存储器读写的可靠性。

RAM 的工作区有易失性，即断电后芯片里的内容会全部丢失。RAM 中的大部分区域可由用户直接使用，但有一部分区域不是用户使用区。例如，彩色显示器的显示缓冲占用的 RAM 区域地址为 B8000 h—BBFFFh。用户可以访问它，但不能将这部分内存区域用来存放用户的程序或数据。系统存储器分配见图 1—2。

(四) I/O 通道及系统扩展槽

I/O 通道也叫作输入/输出 (I/O) 总线，是 8088 微处理器总线的扩充。I/O 通道包括

8 位的双向数据总线, 20 位的地址总线, 6 根中断信号线, 3 根 DMA 控制线, 4 根电源线以及其它的控制线, 共 62 根。这些信号线并行地连接在 PC 机的 5 个 62 线的扩展槽上。利用这些扩展槽, 可以把众多的扩展接口、外部设备与 PC 系统板连接起来。为了增加可驱动的外部设备, IBM PC/XT 又增加了 3 个扩展槽。我们也可以利用这些扩展槽插入 A/D、D/A 转换接口, 并行 I/O 接口等, 以把 IBM PC 用于工业控制等领域。在本章第四节将专门讨论这些问题。

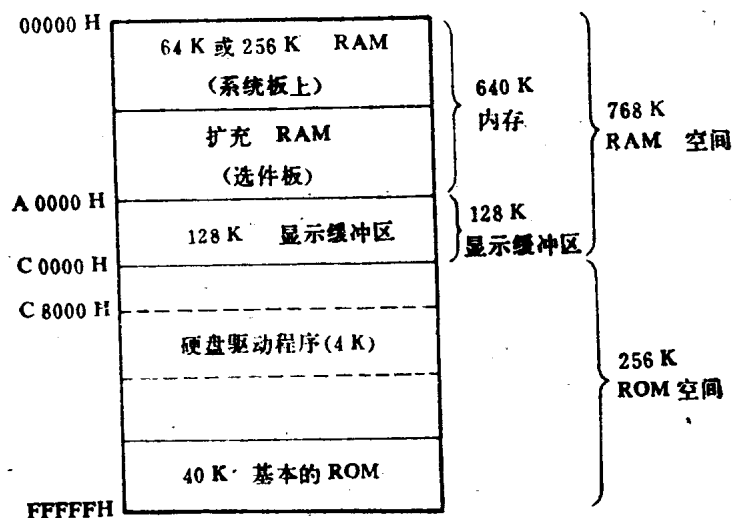


图 1—2 系统的存储器分配

IBM PC 可以利用低 16 位地址线寻找输入/输出地址, 其寻址范围多达 64 K。通常, 每个外部设备都要使用不止一个的口地址, 可能用一个口作为状态检测, 另一个口作为数据传送。还有一些专门设计的接口, 例如 A/D、D/A 转换接口, 可能要占用许多个连续的口地址, 分别完成各种不同的操作。

(五) 小型软盘驱动器

IBM PC 有两个小型的软盘驱动器, PC/XT 在系统单元左侧装有一个软盘驱动器, 右侧装有一个硬盘驱动器。

现在普遍使用的是 5 英寸软盘 (实际上是 $5\frac{1}{4}$ 英寸, 133 mm)。盘片的两个表面涂有磁性物质, 使用时盘片在保护套内旋转, 读/写磁头经过保护套上的条形孔和盘片接触。IBM PC 的软盘有 40 条磁道, 每条磁道又分为若干个扇区。早期的 DOS 版本把每条磁道分为 8 个扇区, 从 DOS 2.00 以后, 每条磁道分为 9 个扇区。每个扇区可以存放 512 个字节。所以, 一片双面双密度的软盘可以存放 360 K 字节的信息。

软盘驱动器由主轴驱动系统、磁头定位系统以及读、写、抹除系统组成。主轴由伺服机构控制的直流马达驱动, 马达转速为每分钟 300 转。磁头定位由四相步进电机和相应的电路实现, 步进电机每转动一步就带动磁头移过一条磁道。读、写、抹除系统中的数据恢复电路包括低电平读放大器、差分电路、零点检测器等, 所有的数据译码操作都是由数据分离电路完成的。

软盘驱动器适配器 (外设与计算机之间的接口称为适配器) 与内存之间的数据传送用 DMA 方式进行, 当适配器发出中断请求信号 IRQ 6, CPU 就进行相应的处理, 以结束数据传送操作或其它操作。

(六) 硬盘驱动器

IBM PC/XT 有一个存储容量为 10 M 的硬盘驱动器。这个驱动器使用两片 5 英寸的记录盘片, 垂直地按上下两层安装。每个盘片又有上、下两个记录面, 每个记录面都有自己的

传感头，安装在同一个磁头臂上。

硬盘的每个记录面有 306 个柱面（相当于软盘上的磁道），每个柱面又分成 17 个扇区，每个扇区可存放 512 个字节。

硬盘驱动器的操作速度要比软盘驱动器快得多。例如，硬盘启动时间只有软盘驱动器的三分之一，硬盘的数据传送率几乎为软盘的 20 倍。但硬盘也有缺点，那就是它比软盘驱动器娇气。当移动机器时，必须用 PC 诊断盘上的专门程序把硬盘上的磁头“抬起”，以免撞伤盘面。当机器安装好后重新通电时，磁头自动返回工作位置。因为硬盘在工作过程中产生大量的热，所以备有专门的通风机和过滤器。为了延长空气过滤器的寿命，应尽量保持机房内的空气清洁。

（七）键盘单元

IBM PC 的键盘单元安装有键盘处理器 8048，该芯片有 2 K 的 ROM。键盘单元在系统开机通电自检时，任何键钮塞死，或该芯片上的 ROM 失灵，或键盘单元的插头没有插接牢靠都可以检查出来。

在键盘上有 16 个字节的缓冲区，这样，我们就可以在计算机正在运行时预先把下一步需要输入的命令或字符键入，既节省了时间又方便了用户。

键盘单元送入主机的不是 ASCII 码，而是键盘扫描代码。它们的逻辑意义是通过 ROM BIOS 的键盘驱动程序来定义的，因而具有较大的灵活性。例如，用户可用软件重新定义键位左面 10 个函数键的功能。所有的键编号为 1 到 83。当一个键按下时，键盘处理器就把对应键的扫描代码送出，当这个键释放时，键盘处理器又送出另一个代码，这个代码比刚才送出的扫描代码大了 128。例如，按下 ESC 键，键盘处理器发出该键的扫描代码为 1，当释放时，就产生一个 129 (81 H) 的代码，系统据此执行规定的操作。

二、主要的外部设备

（一）单色显示器、打印机与适配器

1. 单色显示器

IBM PC 的单色显示器由于采用了绿色屏幕可以降低人眼的疲劳。为了获得清晰的文本显示，采用了比一般电视机高得多的分辨率。最大视频带宽为 16.27 MHz。字符显示是在 9×14 的字符方框内，按照 7×9 的点阵格式构成，并可以有字符下伸部分的显示能力。显示器可以显示 25 行，每行 80 个字符。它可以显示规则的 ASCII 码字符，也可以显示 IBM PC 的图形字符，但不能显示图形。

2. 打印机

IBM PC 采用 FX-80 图形打印机。这种打印机以每秒钟打印 80 个字符的速度工作，且为双向打印。打印机采用九针打印头，可在基本的 9×9 点阵中打印出需要的字符。可以选择不同的打印方式和字体，例如黑体字打印、阴影打印或双打，以产生较高质量的打印效果。如果采用专门的打印软件，甚至可以打印出和印刷体媲美的文本文件。

图形打印机不仅用于打印标准的文本字符，图形字符（如扑克牌符号），还能逐点打印出屏幕上显示的高分辨率图形。

3. 单色显示器/打印机适配器

单色显示器适配器和打印机适配器是在一块电路板上，起着 PC 计算机连接显示器和打

印机的双重作用。

打印机适配器采用并行通讯方式,即一个字符的八位信息同时在八根数据线上由计算机输出。从电路逻辑上讲,它由命令译码器、总线缓冲器、数据锁存器、控制锁存器、控制驱动器以及接收发送器等组成。命令译码器将识别来自 CPU 的输入、输出指令,并由此译出“数据传送方向”、“读数据”、“写数据”、“写控制”、“读状态”、“读控制信号”等六个命令。数据锁存器用来锁存 CPU 送来的打印数据字节,然后送到打印机打印,并返回到总线缓冲器,以便 CPU 在需要时读入。控制信号锁存器及其驱动器用来锁存并驱动四个控制信号:初始化、选通、自动输纸及选择输入信号。打印机的五个状态信息(联机、确认、正在工作、纸用完、出错)均为稳态电平信号,它们由“读状态”命令选通后,经总线缓冲器送往数据总线,由 CPU 取回供分析打印机状态用。

打印机接口有一个特点,它具有作为一般用途的输入/输出并行接口的功能。可以连接任何使用 TTL(晶体管对晶体管逻辑)信号电平的并行设备。BIOS 可处理从这个并行接口进出的有关信息。

单色显示器适配器的工作是围绕着 6845 CRT 控制器进行的。这个控制芯片的主要功能是形成字符缓冲器以及属性存储器的地址码,以得到需要显示的字符信息,并且能同步地产生水平扫描、垂直扫描信号送至视频控制电路。

单色显示器可显示 25 行,每行 80 个字符。由于每个显示字符需要两个字节分别表示它的 ASCII 码和字符属性,所以字符缓冲器及字符属性存储器各有 2 K 字节来保存准备显示的 2000 个字符。

单色显示器控制器的工作过程是这样的:CPU 在显示器进行水平和垂直回扫期间,把欲显示的字符码及属性送入字符缓冲器和属性存储器。6845 CRT 控制器芯片以每秒 50 帧的频率产生行同步、帧同步等信号送视频电路,同时产生地址码以便从缓冲区和存储器中读出字符的 ASCII 码值及其属性。得到的字符信息送入视频控制电路,形成显示器需要的视频输出信号。

(二) 彩色显示器和彩色/图形适配器

1. 彩色显示器

IBM PC 使用的彩色显示器具有很高的分辨率,能够清晰地显示字符或图形。它的视频带宽为 14 MHz。它可以代替单色显示器用于文本显示,又可以显示各种图形。当使用光笔时,可以读出或判断光笔在屏幕上指向的位置。

2. 彩色/图形适配器

彩色/图形适配器比前面介绍的单色显示适配器具有更强的功能。单色显示适配器不能提供彩色和图形功能,且只有 4 K RAM,而彩色/图形适配器有 16 K 的 RAM 显示缓冲区,可以为彩色显示器提供彩色的文本显示功能和彩色的图形显示功能。

与彩色显示器配合,彩色/图形适配器可以提供 16 种不同的颜色。它的图形方式有两种:中分辨率图形和高分辨率图形。

中分辨率图形显示方式把屏幕分成 320×200 个点,加在每个点上有两套彩色:(1) 青蓝、品红和白;(2) 绿色、红色和黄色。同一时刻只能用其中的一套。背景可以采用 16 种颜色中的任一种。在中分辨率图形显示方式下,色彩的选用与适配器使用的 RAM 显示缓冲区有关。因为采用四种颜色的 320×200 点阵格式就需要 16 K 字节的存储器,而 RAM 中的显

示缓冲区也只有 16 K 字节（从 B8000 H 到 BBFFFH），所以只能存一页画面。

高分辨率的图形显示方式把屏幕分成 640×200 个点，将中分辨率图形显示方式的清晰度提高了一倍。但由于全屏幕共有 128 000 个点，为每个点分配一位内存（一个字节是 8 位）就占用了 16 K 的 RAM 显示缓冲区。因此，高分辨率的图形只能使用黑白显示方式，不能用于彩色显示。

当彩色/图形适配器工作在文本显示方式时，可以利用 16 K 字节的显示缓冲区保存 4 页 80×25 或 8 页 40×25 的文本信息。

彩色/图形适配器的结构与前面介绍的单色显示适配器类似，它也采用 6845 CRT 控制芯片，一方面产生显示缓冲区的地址码以读出其中的显示信息，另一方面同步地给出水平和垂直扫描信号去控制彩色显示器。

16 K 的显示缓冲区也叫图形刷新存储器，位于内存中的位置是 B8000 H—BBFFFH。在图形显示方式时，屏幕上显示的每一个点需要 1 位（高分辨率）或 2 位（中分辨率）的内存。在文本显示方式时，每个字符占用 2 个字节，我们可以把显示缓冲区分成 4 页（ 80×25 文本）或 8 页（ 40×25 文本）。所以说 16 K 字节可保存 4 页或 8 页文本信息。

（三）异步通讯适配器

异步通讯适配器可用于计算机之间的数据通讯，也可以用于计算机与外设（例如具有串行接口的绘图仪、打印机等）之间的通讯。

异步通讯每次传送一个代码。传送时先传送低位，后传送高位，代码后是一位奇偶校验位，最后是停止位。异步信息的代码位数可以有 5 位、6 位、7 位或 8 位。奇偶校验位可以是奇校验或偶校验，也可以不设校验位。停止位可以有 1 位、1.5 位或 2 位。所有这些都是由程序设定的（参看第三章通讯口初始化子程序 COMINI?）。

IBM PC 的异步通讯适配器插接在系统单元的扩展槽中。它提供了一个 RS-232-C 接口。当外设远离计算机时，为抑制噪声可以采用电流环方式操作。所谓电流环方式，就是由适配器提供一个 20 mA 的稳流装置，发出的数据到达外部设备后再将电流信号转换成电压信号。从外设接收到的数据送入适配器后，用光电隔离电路转换成电压信号输入计算机。适配器还可以直接连接调制解调器（MODEM），以实现远程通讯。