

杜毅仁 李慕靖
王建中 陈启帆

编

16位微型计算机

SHI LIU WEI WEI
XING JI SUAN JI

—— 下册

上海交通大学出版社

十六位微型计算机

(下 册)

杜毅仁 李慕靖 王建中 陈启帆 编

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书从微型计算机的硬件、软件、系统结构等方面出发,通过 Intel 公司的 8086 系列以及 IBM 公司的个人计算机作为典型,进行系统的介绍和剖析,使读者获得有关微机的基础和应用知识。

全书共分上、中、下三册。上册通俗易懂地介绍了 8086 的硬件结构、指令系统及其程序设计语言,是全书的基础和核心部分;中册就整个 8086 系列,分别介绍了输入/输出处理器 8089、专用数值处理器 8087、操作系统固件 80130、8086 的改进型 80186 和 80286,同时,还对 MULTIBUS 这一标准的系统总线以及 8086 的其它配套系列芯片作了介绍;下册比较系统地分析了 IBM 公司的个人计算机,内容包括 PC 的硬件结构、系统固件及操作系统等。

本书具有硬件、软件相结合的特点,而且既能了解 8086,又能由此了解十六位微型计算机的一般原理及应用。因此,既可作为高等院校的教学参考书,也可作为研究院所、厂矿有关研究人员、工程技术人员乃至一般用户的工作手册。

十六位微型计算机

(下册)

杜毅仁 李慕靖 王建中 陈启帆 编

上海交通大学出版社出版

淮海中路 1984 弄 19 号

新华书店上海发行所发行

常熟文化印刷厂排版、印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张 40.25 字数 998000

1985 年 6 月第一版 1986 年 1 月第 2 次印刷

印数: 10000—20000

统一书号: 15324·35

科技书目: 114—236

定价: 7.36 元

下 册 目 录

第三篇 IBM 个人计算机系统

第十七章 绪 论	1
第十八章 主 机	5
§ 18.1 系统板	5
§ 18.2 系统板内部接口	7
§ 18.3 I/O 通道	14
§ 18.4 电源	23
第十九章 IBM 单色显示器——并行打印机转接器	26
§ 19.1 概述	26
§ 19.2 转接器与系统通道的接口及工作方式	27
§ 19.3 转接器 6845 CRT 控制器编程要点	27
§ 19.4 IBM 单色显示器	28
第二十章 彩色/图形监视器转接器	30
§ 20.1 概述	30
§ 20.2 字母/数字显示方式 (A/N 式)	30
§ 20.3 全象点寻址方式 (APA 式)	32
§ 20.4 转接器 6845 CRT 控制器编程要点	33
第二十一章 并行打印机转接器	39
§ 21.1 概述	39
§ 21.2 转接器编程要点	40
第二十二章 IBM 80 CPS 针极打印机	43
§ 22.1 概述	43
§ 22.2 打印机端并行接口	44
§ 22.3 打印机控制码	47
第二十三章 5-1/4 吋软盘机转接器及 5-1/4 吋软盘驱动器	55
§ 23.1 概述	55
§ 23.2 转接器功能部件	56
§ 23.3 系统 I/O 通道接口	66
§ 23.4 A、B 驱动器接口	66
§ 23.5 5-1/4 吋软盘驱动器	68
第二十四章 扩展存储器选件	70
§ 24.1 概述	70
§ 24.2 运行特点	70

第二十五章 游戏控制转接器	72
§ 25.1 功能部件及工作原理	72
§ 25.2 接口	73
第二十六章 异步通讯转接器	76
§ 26.1 概述	76
§ 26.2 异步通讯控制器	76
§ 26.3 工作方式	77
§ 26.4 接口说明	78
§ 26.5 编程要点	81
第二十七章 IBM 硬盘驱动器转接器	90
§ 27.1 概述	90
§ 27.2 硬盘控制器	90
第二十八章 IBM 同步数据链路控制 (SDLC) 通讯转接器	154
§ 28.1 概述	154
§ 28.2 8273 协议控制器	154
§ 28.3 8255 A-5 可程序外设接口及 8253-5 可程序间隔定时器	158
§ 28.4 编程要点	159
第二十九章 ROM 区	169
§ 29.1 ROM BIOS 简介	169
§ 29.2 BIOS 盒带机逻辑	172
§ 29.3 键盘的译码及用法	173
第三十章 BIOS 列表文件	181
第三十一章 IBM PC 的操作系统	465
§ 31.1 CP/M-86	465
§ 31.2 PC-DOS	469
§ 31.3 CP/M-86 与 PC-DOS 的比较	494
§ 31.4 P-system 和 UCSD P-system	501
§ 31.5 OASIS-16	507
§ 31.6 Unix	510
§ 31.7 IBM PC 操作系统小结及微机操作系统发展趋势	513
第三十二章 IBM PC BASIC 高级语言	515
§ 32.1 三级 BASIC	515
§ 32.2 BASIC 图象类语句	515
§ 32.3 BASIC 中断控制类语句	525
§ 32.4 BASIC 声响类及通讯文件类语句	527
§ 32.5 一组 BASIC 基准程序及比较结果	528
§ 32.6 IBM BASIC 命令、语句、实例一览表	530
第三十三章 IBM PC 的两个应用实例	534
§ 33.1 三维图形显示软件包	534

§ 33.2 以 IBM PC 为结点机的以太局部网络 Etherseries.....	571
附录 1 IBM PC 逻辑线路图	577
附录 2 字符、按键、颜色	624

第 三 篇

IBM 个人计算机系统

第十七章 绪 论

1981年8月,美国IBM公司宣布,该公司个人计算机(IBM PC)问世。这一信息,对于世界计算机制造领域,是一个不小的震动。如果说,在此之前,微机的研制、制造和应用,还停留在较狭窄的范围内,还没有引起人们的足够重视,那么,IBM公司的介入,使得微机完全得到了“公认”和“合法化”了。

今天,IBM PC 几乎已成为社会上广泛应用微机的一个标准,它占领了当今相当大的微机系统销售额,各有关公司、厂商不断推出与它相兼容的硬件、软件或器件。IBM 的某些规范,通过 IBM PC 成为微机领域的习用标准。这种现象,很值得我们注意和重视。

一、博采众长,尽快推出新机型

IBM 公司看准了微机的发展趋势,即只有微机才能将电子计算机技术广泛应用于各行各业、千家万户,而谁能捷足先登,谁就能站稳脚跟占领市场。为此,IBM PC 不是在零部件上另搞一套,而是采用别家公司、厂商现成的原件来装备自己,如 Epson 公司的打印机、Intel 公司的 8088CPU 芯片、Tandon 公司的磁盘驱动器;其系统程序也是同样,如 Microsoft 的 MS-DOS 操作系统、信息无限公司的字处理程序等,从而,使整个 PC 的开发周期大大缩短,据报道仅用了十三周时间。

由于同一原因,使 IBM PC 的硬件资料随之公开,这就使 PC 的应用软件,有可能让其它专业软件公司生产和供应,反过来又使 PC 的软件配置,丰富于其它微机系统。

这是一种充分发挥社会大生产优势的方法。

二、IBM PC 本身反映了微机从 8 位向 16 位发展的趋势

IBM PC 采用 Intel 8088 作为中央处理器,而 8088 是 16 位 CPU 的 8 位版本,就 8088 指令系统来说,它完全与 16 位 CPU 8086 及比 8086 更高级系列芯片 80186、80286 兼容或向上兼容,在 PC 上开发的软件或为 PC 开发的软件,可以在将来原封不动地搬到数据、地址总线均为 16 位 CPU 组成的系统上去。再者,8088 的数据线(包括 I/O 通道的数据线)与现今普遍使用外设的数据宽度匹配,因此 IBM PC 机外设及接口能在已有、种类繁多的外设及接口中选用。这种做法一方面使制造商无需耗费很大的代价研制 16 位数据线的外设和接口,另一方面也使用户感到 IBM PC 的外设资源是丰富的,乐于使用。在某种程度上可以说,IBM PC 起到了一种承上启下的作用。

三、PC 的扩充性较好

支持 PC 的操作系统,目前不少于五种,其中有较简单、非常适合一般用户的 PC-DOS 和 CP/M-86,有适合事务处理的 OASIS-16,有以可移植性见长的 UCSD P-System,有支持多用户、多任务的 Unix。用户很容易在这些操作系统支持的高级语言或提供的功能中,找到满足自己要求的语言或实用程序,这也为软件制造商开发各类面向用户的软件包,提供了有利的条件。

另外,PC 有五个外设扩展口,用户能随时更换外设,如连上单色显示器、彩色/图形显示器、打印机、扩展 RAM 板、异步通讯口、软盘机或游戏器;用户也可用目前正在研制、将来出售的具有更高性能的 I/O 设备,更新原来的老设备,扩充提高 PC 整机的性能。如果在槽口上上插一块通讯电路板,PC 就能从一个独立的设备成为大型机的一个终端或局部网络的一个结点机。

四、PC 在浮点数处理方面占有优势

PC 母板上留有一个 Intel 8087 浮点数处理器的插座,用户只要插上一块 8087 处理器片,PC 的浮点数运算就完全由硬件承担了。而且在 8087 进行浮点数运算的时候,主 CPU 8088 还能继续取指令,执行非浮点数操作,从而使 8088、8087 能协同工作,这便是协处理器概念。8087 的存在使 PC 具备相当的资格胜任多维图形显示、处理等进行大量高精度数值运算的工作,这些工作本来是要由高级小型机承担的。

下面从几个角度,将 PC 与其它型号的个人计算机作一比较,通过比较,我们能在其内存容量、整机性能、价格、高级语言适应能力方面对 PC 有个初步的认识。

1. IBM PC 与 IBM System/23、Display Writer™ 微型计算机的比较。

IBM System/23 (DataMaster) 是第三代台式商用计算机,能代替 5100 系列机。IBM system/23 能进行字处理及传统的数据处理工作,其 RAM 区容量在 32K—128K 之间。

Display writer 是 IBM 公司夺回其在字处理方面优先地位的新产品,它以 8086 作 CPU, RAM 区可扩充至 256K,配有 Textpack™1、2、3、4 软件包,操作系统是 CP/M-86™

IBM 公司微型计算机硬件配置比较表

型 号	字 长	最 小 配 备			最 大 配 备		
		RAM	外存	价格	RAM	外存	价格
PC	16/8*	16 K	磁带	\$1565	256K**	320 K	\$4515***
system/23	8	32 K	250K	\$4630	128K	4,400 K	\$12995
Display writer	16	160 K	250K	\$5095	256K	2,000 K	\$8670

* PC 的数据线是 8 位,内部以 16 位工作。

** 配以 256K RAM 的话,PC 可接的外设:打印机、显示器、软盘机。现已可将 RAM 区扩充到 544K。

*** 为 83 年价格

结论

(1) PC 适应能力较广,最小配备就能满足教育、娱乐应用,最大配备时的 RAM 容量与 Display writer 相同,但价格比它低得多。

- (2) System/23 的字长只有 8 位, 计算机能力不强, 但其外存容量很大。
- (3) 配有 IBM 软件如 Textpack 的 Display writer, 可作为通用计算机使用。
- (4) 只要花很少的钱, 就能将 PC 扩充成具有 Display writer 相似运算能力的计算机。

2. IBM PC 与其他个人计算机关于最小、最大配套的比较

个人计算机的一个主要特点是可扩充性, 人们决定以最低价格购买机器时, 会关心机器

最小配备比较表

型 号	显 示 帧	CPU	最小 RAM		最大扩充限制	
			RAM(K)	价 格	RAM	磁盘容量
Commodore VIC 20	22×23	6502A	3.5K	\$330***	32 K	340K
TRS-80Color Computer	32×16	6809	4K	\$399	16 K	N/A
Atari 400	40×24	6502	8K	\$399	16 K	N/A
Ohio Scientific C1P	24×24	6502	4K	\$479	32 K	160K
TRS-80Model III	64×16	Z-80	4K	\$699	48 K	313K
Ohio Scientific C4P	64×32	6502	8K	\$879	24 K	160K
Ohio Scientific C8P	64×32	6502	8K	\$895	32 K	500K
Atari 800	40×24	6502	16 K	\$899	48 K	176K
Commodore PET	40×25	6502	16 K	\$995	32 K	2000K
Apple II	40×24	6502	16 K	\$1330	64 K	286K
Commodore CBM	80×25	6502	32 K	\$1495	32 K	2000K
IBM PC	80×25	8088	16 K	\$1565	256 K	320K
NEC 8000	80×24	Z-80A	32 K	\$1600	64 K	328K

最大配备比较表

型 号	RAM	显示帧	软盘机总容量	软盘尺寸(吋)	价 格
Commodore PET	32 K	40×25	330K	5	\$2290***
Commodore CBM	32 K	80×25	330K	5	\$2790
Hewlett Packard 85	32 K	32×16	540K	5	\$2945
Commodore PET	32 K	40×25	2000K*	8	\$3090
Commodore CBM	32 K	80×25	2000K*	8	\$5390
TRS-80 Model III	48 K	64×16	334K	5	\$2495
Atari 800	48 K	40×24	176K	5	\$2456
Apple II	64 K	40×24	286K	5	\$3024
Northstar Advantage	64 K	80×24	720K	5	\$3999
Zenith Z-90-80	64 K	80×24	1380K*	5	\$4890
Zenith Z-89-80	64 K	80×24	2400K*	8	\$6440
Hewlett Packard 125	64 K	80×26	2400K	8	\$10550
Commodore 8096	96 K	80×25	2000K*	8	\$4090
IBM System/23	128 K	80×24	2200 K	8	\$8730
TRS-80Model II	128 K	80×24	972K*	8	\$5049
Apple III	256 K	80×24	286 K*	5	\$4979
IBM PC	256 K**	80×25	320K	5	\$5235

* 可接硬盘机

** 用了打印机和显示器后, 就不能接通讯转接器或彩色/图形监视器转接器

*** 为 83 年价格

的最小配备,为使机器具有较高工作能力时,又要考虑机器允许的最大配备。

3. 支持数据表软件 Visi Calc 的能力比较

数据表软件 Visi Calc 是一种用计算机编制报表的应用生成程序,无编程经验的用户,也能在较短的时间里掌握它。Visi Calc 的功能包括建立数据表、项目、数值、计算数据、复制数据表,以及多种模式产生报表、打印存盘数据表等。

Visi Calc 对系统的要求是:有较大的工作表区间(RAM 区),较宽的显示屏幕,较高的运算速度。

从下一章开始,我们将详细地介绍 IBM PC 的硬件、系统软件以及一些富有特色的应用程序,体现本书“从芯片到系统”的宗旨。另外也应看到 IBM PC 本身是在不断改进着的,有关 PC 的资料也多,在这里不可能面面俱到。总的说来,PC 的硬件、BIOS、扩展槽等基本部分是不会变的,因为他们毕竟反映出 IBM PC 的基本特征。如不特别说明,下面章节出现的 PC 就指 IBM PC。

上述 PC 的各种特点,对我们不无借鉴之处。

Visi Calc 最小配备比较表

型 号	字 长	RAM	工作表 空 间	显示帧	盘容量	价 格	Visi Calc 价格	总价格
Atari 800	8	32 K	6K	40×24	88 K	\$1757	\$200	\$1957
Commodore PET	8	32 K	10K	40×25	170 K*	\$1690	\$200	\$1890
Commodore CBM	8	32 K	10K	80×25	170 K*	\$2190	\$200	\$2390
TRS-80Model III	8	32 K	10K	64×16	167K	\$1995	\$100*	\$2095
Hewlett Packard 85	8	32 K	13K	32×16	200K	\$2945	\$200	\$3145
Apple II	8	48 K	18 K	40×24	143K	\$2334	\$200	\$2534
IBM PC	16	64 K	23K	80×25	160K	\$4045	\$200	\$4245
TRS-80Model II	8	64 K	25 K	80×24	486 K*	\$3899	\$300	\$4199
Hewlett Packard 125	8	64 K	28 K	80×26	512K	\$6250	\$200	\$6450
Apple III	8	128 K	71 K	80×24	143 K*	\$3654	\$250	\$3904

* 可接硬盘机

Visi Calc 最大配备比较表

型 号	字 长	RAM	工作表 空 间	显示帧	磁盘容量	价 格	Visi Calc 价格	总价格
Commodore PET	8	32 K	10 K	40×25	2000 K	\$3090	\$200	\$3290
Commodore CBM	8	32 K	10 K	80×25	2000 K	\$3590	\$200	\$3790
Hewlett Packard 85	8	32 K	13 K	32×16	540 K	\$2945	\$200	\$3145
TRS-80Model III	8	48 K	18 K	64×16	334 K	\$2495	\$200	\$2695
Atari 800	8	48 K	22 K	40×24	176 K	\$2456	\$200	\$2656
Hewlett Packard 125	8	64 K	28 K	80×26	2400 K	\$10550	\$200	\$10750
Apple II	8	64 K	34 K	40×24	286 K	\$3024	\$200	\$3224
TRS-80Model II	8	128 K	89 K	80×24	972 K*	\$5049	\$300	\$5349
Apple III	8	256 K	196 K	80×24	286 K*	\$4570	\$250	\$5229
IBM PC	16	256 K	214 K	80×25	320 K	\$5235	\$250	\$5485

* 可接硬盘机

注:价格为83年的

第十八章 主 机

§ 18.1 系 统 板

系统板是一块 $8.5" \times 11"$ 通道与焊接区一一对应的多层印刷板,也称母板。系统板上装有 8088/8087 CPU 系统、ROM 区、RAM 区、I/O 通道和集成 I/O 转接口共 5 个功能区组成的系统单元。直流电源及相应的信号线,通过两个 6 脚接口送入系统板;键盘、录音机、扬声器也由接口连上;系统 I/O 通道,由导线跨连在系统板的五个 62 脚 I/O 扩展槽上。这些 I/O 插槽上,安有 16 个(只用其中 13 个)双向 DIP 开关,系统软件从这些开关得到外设选件的配置情况,如内存和外部扩展 RAM 区的容量、显示器类型、显示器帧尺寸及系统配备驱动器的数量。下面介绍系统板上的四个功能区,I/O 通道专门在 § 18.3 节介绍,图 18-1 展示了五个功能区和他们的连接情况。

处理器功能区

IBM PC 采用 Intel 公司 8088 处理器作 CPU。8088 是 16 位处理器 8086 的变体,它只有 8 根数据线,但运算速度比 8 位的 CPU 快 3 至 5 倍。8088 有 20 根地址线,直接寻址 1 兆字节。安装时采用最大模式,能增加一台 8087 协处理机进行快速单指令浮点运算。8088 指令集与 8086 指令集完全兼容。IBM PC 上的 8088 时钟频率为 4.77 MHz,时钟信号由 14.31813 晶体振荡信号 3 分频后得到,该振荡信号的 4 分频 (3.58 MHz) 供彩色显示器作色彩分段信号。8088 的总线周期为 4 个时钟周期 (840ns),单位通道周期为 5 个时钟周期 (1.05 ms)。

为便于 IBM PC 主机与高级外设的连接,CPU 功能区提供了 4 个 20 位的 DMA 通道、3 个 16 位计时器通道和 8 级中断。4 个 DMA 通道中的 3 个,用于 CPU 与 I/O 外设的高速数据交换,且这种交换沿 I/O 总线进行,另一个 DMA 通道用于系统动态存贮器的刷新;即为计时计数器编制周期性请求哑 DMA 通讯的程序,利用哑 DMA 请求产生刷新系统板存贮器及外接存贮器的读周期。处理器“准备好”线有效时,一个 DMA 传送周期占五个时钟周期,一个刷新 DMA 周期占 4 个时钟周期。

3 个计时/计数器通道的分配情况是:通道 0 是系统通用计时器,向时间时钟提供基准信号;通道 1 为 DMA 请求和计时刷新周期;通道 2 是扬声器音调发生器的计时器。3 个计时通道的最小计时分辨能力为 $1.05 \mu\text{s}$ 。

8 级中断的安排情况是:中断 0、中断 1 供系统板使用,其中最高级别的中断 0 接 1 号计时/计数通道,接收计时器发出的周期性中断信号;中断 1 接至键盘转接器,接收键盘发来的扫描代码中断信号。中断 2~7 分配给 I/O 扩展槽。8088 不可屏蔽中断 NMI,用来报告存贮器的奇偶校验错误。

ROM 区及 RAM 区

系统板上留有安装 6 块 $8K \times 8$ ROM 或 EPROM (共 48 KB) 和 4 块 $16K \times 9$ RAM (共 64 KB) 的空间 (插口)。48 KB ROM 占据整个内存区 976K 至 1008K 高地址空间, 64 KB RAM 占据 0~64 KB 的低地址空间。48KB ROM 中的头 40 KB 固化有基本输入输出系统 BIOS 和盒带 BASIC 解释程序, 40~48 KB ROM 区是空白的。0~64 KB RAM 区供用户存放程序和数据。当实际 RAM 区只有 16 KB 时, 系统处于最小系统状态, 这时, 若调用盒带 BASIC 解释程序, 用户程序可占用 12 KB 的 RAM 区、剩余 4 KB 供系统软件用。如果要求用户 RAM 区超过 64 KB 的话, 必须利用 I/O 扩展槽进行 RAM 区的外部扩充。

插于系统板的 $8K \times 8$ ROM 片子的访问时间是 250 ns, 周期为 375 ns, $16K \times 9$ RAM 片子的访问时间是 250 ns, 访问周期 410 ns, 受奇偶校验。

集成 I/O 转接器

集成 I/O 转接器指连接盒带录音机、串行键盘和扬声器的内部转接器。盒带录音机转接器的主要输出端有二个: 一是 0—1 电平输出端, 它与录音机的话筒或线路输入端相连; 另一是受程序控制、启停录音机马达的控制端。转接器读写磁带的波特率为 1000~2000。串行键盘转接器用来连接键盘串行接口, 它在收到键盘扫描完成标识码后, 向处理器发中断信号(中断 1)。以上两个转接器通过垂直安装在主机背板上的 5 脚 DIN 插座与外界联系。

扬声器转接器通过 4 脚管座以及一双线插头连接 $2\frac{1}{4}$ 吋扬声器, 扬声器的驱动方式有三种: 第一种为程控型, 即寄存器中的一位由程序控制发出脉冲串; 第二种为间接程序型, 即程序控制第 2 通道计时/计数器, 由它反馈给扬声器波形信号; 第三种也是间接程控型, 程序控制 I/O 寄存器的一位以调制形式传送给计时/计数器的时钟信号。这 3 种方式能同时使用, 产生音频范围为 37~32000 Hz 的复合音频信号。

§18.2 系统板内部接口

系统板内部接口指键盘接口、扬声器接口和盒带录音机接口。在介绍键盘接口前先介绍一下键盘。

IBM PC 的键盘是同系统单元(主机)分离的外部设备, 由一根五芯电缆(内有一根 +5V 电源线、一根地线、二根双向信号线、一根时钟线)与主机相连。键盘上的 83 个键分为 3 个组: 处于中央组的键排成标准打字机键盘样式, 右边组是 10 个功能键、用户能用软件定义它们的功能, 右边组含有 16 个键, 用于数字输入、屏幕光标位置设定, 编辑及运算等目的。

键盘接口主要向键盘转接器提供键的接通状态, 同时允许用户(系统)用软件定义键的工作方式如转换键的状态, 产生多个同种字符等。值得注意的是从键盘接口发出的是键的扫描代码而不是 ASCII 码。扫描代码分为接通扫描代码和阻断扫描代码, 后者的码值等于前者码值加 $X'80'$ 。除控制键外的所有键均能产生数个同型字符的扫描代码。

IBM PC 的键盘是智能终端, 内部的 Intel 8408 微处理器负责接通键盘电源、扫描键盘、阻止键的反跳、缓存 20 个扫描代码、与系统单元进行双向通讯、执行传送扫描代码必需的信号交换协议等工作。图 18-2 是键盘接口框图, 图 18-3 是键盘按键分布图, 图 18-4 是键盘接口插座引脚图。表 18-1 是键盘扫描代码表。

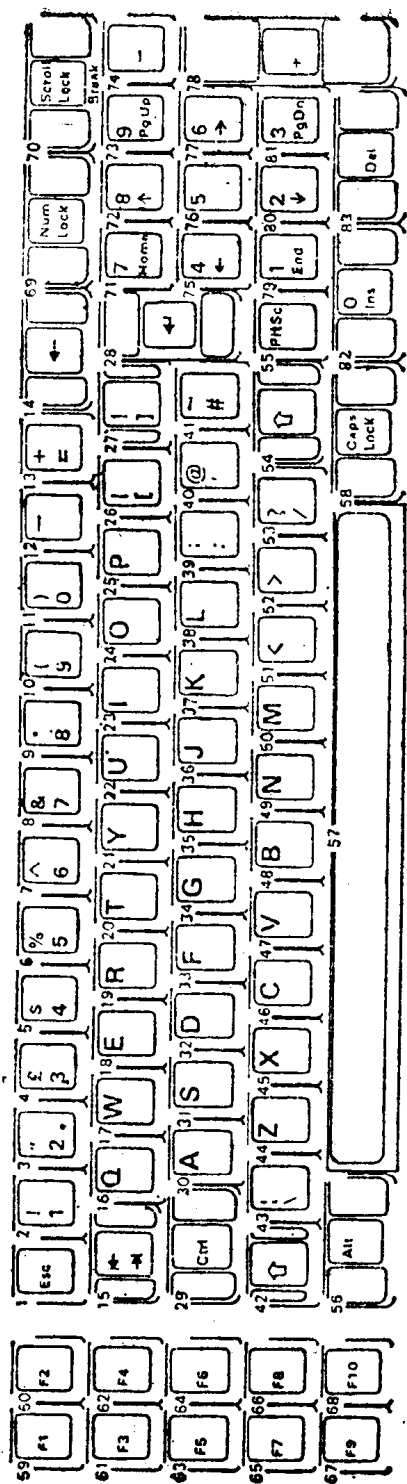


图 18-3 按键分布图(a): 美式键盘

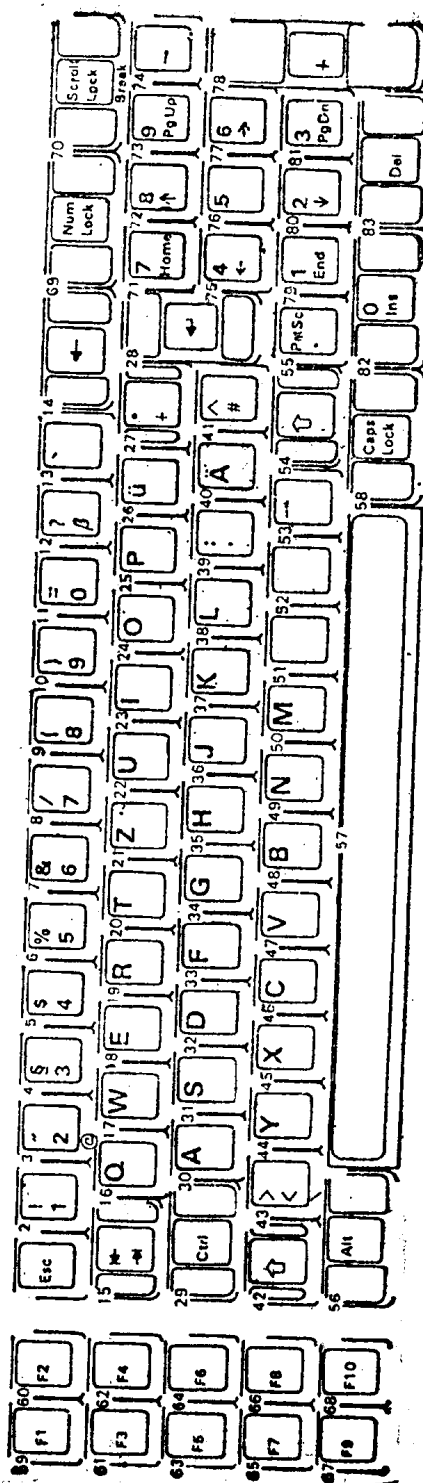


图 18-3 按键分布图(b): 英式键盘

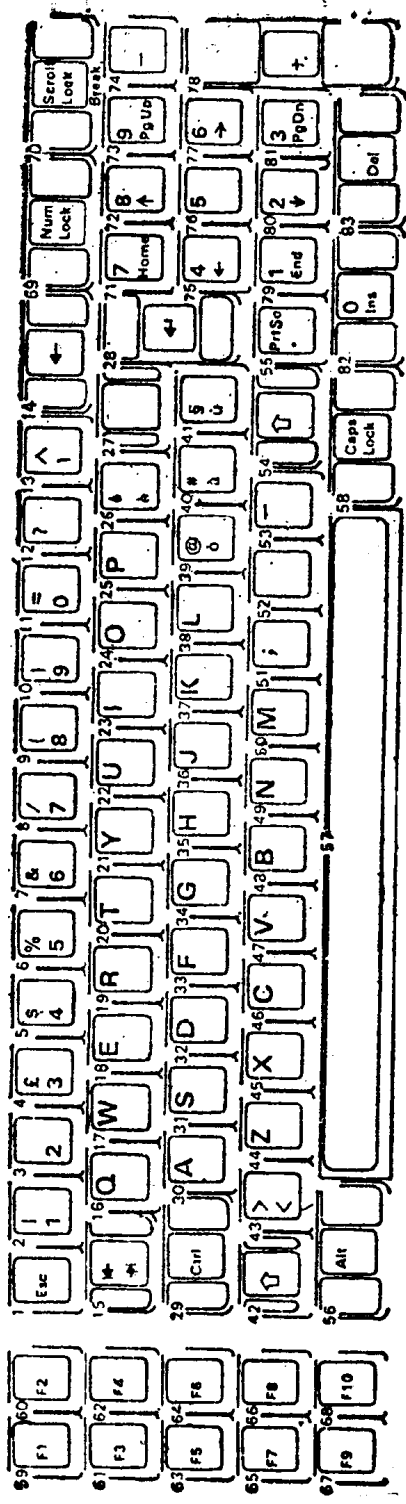


图 18-8 按鍵分布图(c): 意大利式鍵盤

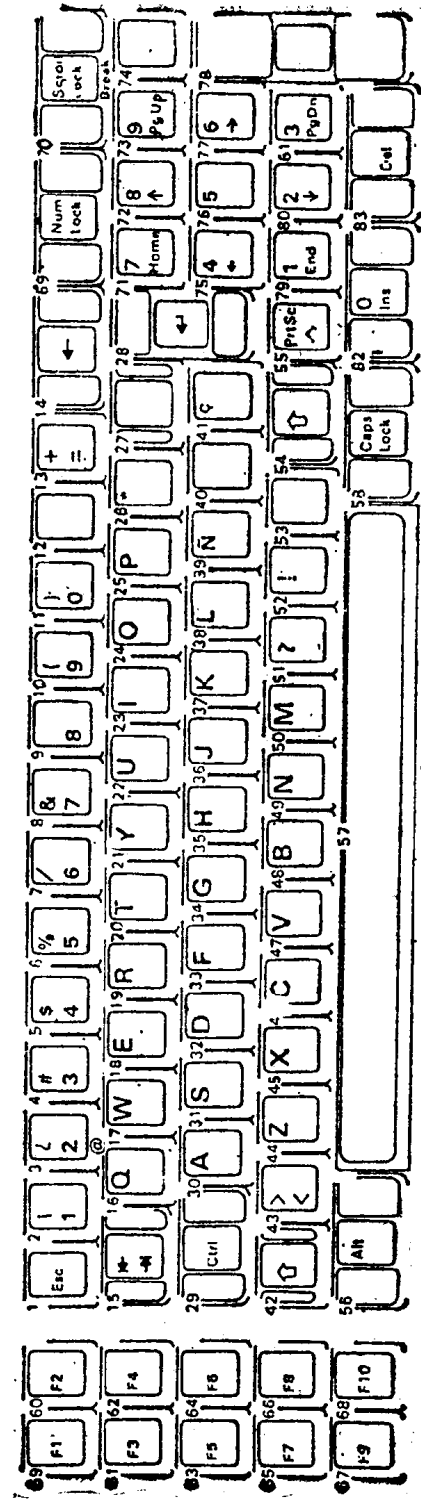


图 18-8 按鍵分布图(d): 西班牙式鍵盤

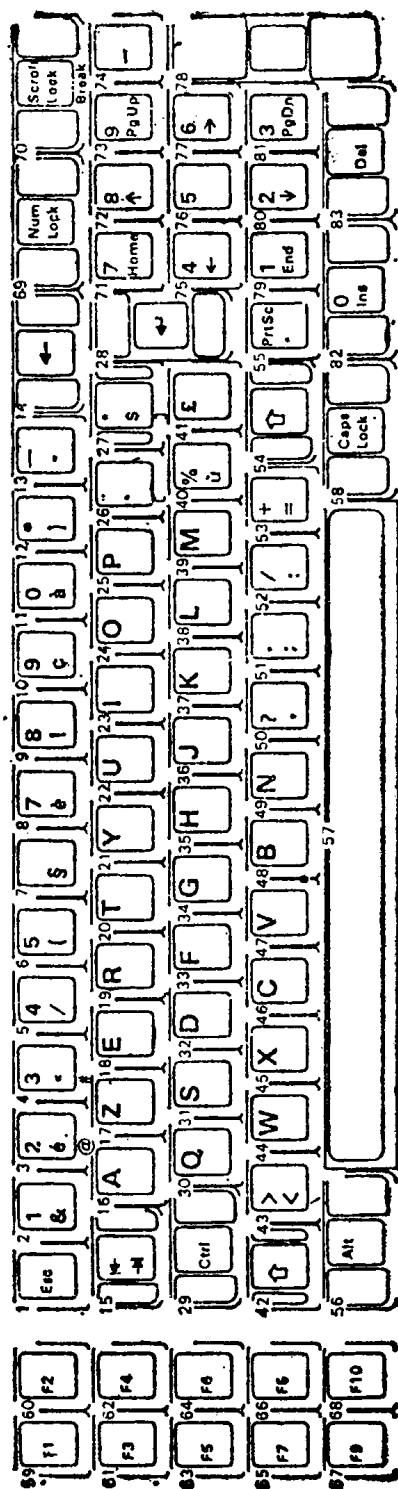


图 18-3 按键分布图(c): 法式键盘

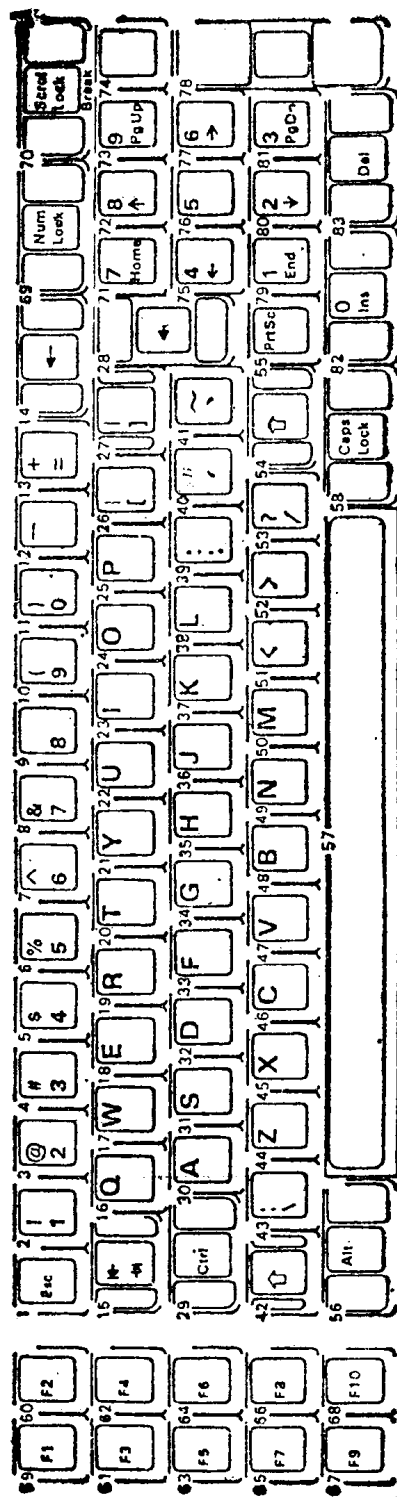


图 18-3 按键分布图(f): 德式键盘