

MS-DOS

内核剖析与巧用

北京科海培训中心 组稿 张汉亭 编著

上海科学普及出版社

MS-DOS

内核剖析与巧用

北京科海培训中心 组稿

张汉亭 编著

上海科学普及出版社

(沪)新登字第 305 号

责任编辑: 胡名正 郭子安

封面设计: 毛增南

MS-DOS 内核剖析与巧用

北京科海培训中心组稿

张汉亭 编著

上海科学普及出版社出版

(上海曹杨路 500 号 邮政编码 200063)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷七厂一分厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15.5 字数 373000

1994 年 9 月第 1 版 1994 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-5427-0829-5/TP·199 定价: 16.00 元

内 容 提 要

本书剖析 MS-DOS 内核的系统软件, 提供在 MS-DOS 上开发软件所必需的信息。本书分析了下列内容: 构成 MS-DOS 的各种软件的相互关系; COMMAND.COM 的作用及处理过程; MS-DOS 的内部中断、内存管理、文件管理; MSDOS.SYS 和 IO.SYS, 设备驱动程序; MS-DOS 和设备驱动程序的关系; 阶层文件目录结构及 FAT 表; 全部系统调用; 使用系统调用的实例程序等。本书还介绍了 MS-DOS 未向用户公开的系统功能及使用方法。

读者对象: 计算机用户、程序员、大专院校计算机专业师生。

前 言

MS-DOS 是 IBM PC 机的最重要的基础软件。

六十年代的计算机系统中还未使用操作系统，要运行计算机系统，进行程序加载和运行，只能按操作面板上的开关。现在的计算机系统，如果没有操作系统要使之运行是不可能的。由于硬件部分高度复杂化，人们直接操纵裸机已近乎不可能。

一个计算机系统，可将其硬件部分看作是系统的先天能力，而操作系统可说是系统的后天能力。不管硬件部分设计得多么精巧高明，如果没有一个好的操作系统，便不可能发挥系统的本来的整体能力。硬件和操作系统对于计算机系统，就像同一轴上的两个车轮。

广义地讲，操作系统涉及计算机系统运行的全局，它是人机界面，可以有效地使用系统资源，可以提供计算机系统变更或追加新功能的手段。

狭义地讲，操作系统可认为主要在于有效地利用系统资源。

操作系统像一个“双面人”。它的一张脸，面向用户，面向用户程序；它的另一张脸面向硬件，在保持包括硬件的控制和管理在内的系统运转取得平衡方面，采取了严密细致的结构。

操作系统面向用户，它具有人机界面的功能。它采取了对用户尽可能友好的结构，接收、解释、执行用户命令。并兼纳了硬件环境的差异，使用户在同一操作系统中，用同一命令可执行同一操作，丝毫觉察不到使用的硬件环境的或大或小的差异和变化。

操作系统面向用户程序，它是用户程序与机器的界面。在用户程序的层次上，可以使用操作系统内核的功能。操作系统作为人机界面，是人使用操作系统。操作系统作为用户程序的界面，是指为用户程序使用操作系统提供了手段。用户程序如果恰当地使用操作系统内核的功能，可以用很少的几行命令做种种复杂的动作，使用户程序精炼紧凑，而且在同一操作系统中不需要移植。用户程序在涉及硬件操作的部分时，如果舍弃现成的操作系统内核功能不用，而另起炉灶，必将事倍功半，造成后患无穷的后果。用户必须具备硬件的有关知识，花费大量编程时间，经历艰难的调试，最后得到一个在写法上“不讲礼仪”的程序，它对运行的硬件环境的变化极端敏感，在不同硬件环境上运行时，不得不反复地重写某些部分，穷于应付。

所谓用户程序的界面实质是由系统功能调用来实现的。操作系统作为人机界面，接收用户的命令后，由操作系统自动分解为多个系统功能调用，执行这些功能调用便可完成用户指定的操作。由此可见，操作系统面向用户的面孔，只不过是系统功能调用。

操作系统面向系统内部硬件的另一张脸，实质是总在考虑如何有效利用系统资源的，如何使系统整体取得最佳工作效率的指挥官的面孔。CPU 管理、内存和二次内存管理、输出/入设备的控制和管理等等是其主要工作。这些管理和控制功能与系统功能调用紧密相关。诸如内存的分配和释放、输出/入处理、文件的检索或文件目录的生成或删除等等都是由系统功能调用来进行的。

综上所述，操作系统有三个作用：

(1) 人机界面

(2) 用户程序界面

(3) 有效地使用和管理系统资源

由此可见，在 IBM PC 机上作高层次的程序开发，必须深入了解 MS-DOS 操作系统。

当你剖析或开发系统程序时、为系统安装新的设备驱动程序时、为控制系统编写实时多任务操作系统时、剖析国外软件作二次开发时、剖析病毒研制诊断治疗工具时、研究软件加密时……等等，如果您对操作系统不了解，MS-DOS 对您来说是一个紧密封固的“黑盒子”，那么必将遇到许多似乎难以逾越的困难，常常会“卡死”在 MS-DOS 内而手足无措，反之则轻车熟路。

本书提供了 MS-DOS 内核的系统软件和在 MS-DOS 上开发软件所必需的信息：

(1) 分析了构成 MS-DOS 的各种软件的相互关系，作为 MS-DOS 内核的“MSDOS.SYS”、“IO.SYS”、“COMMAND.COM”和外部命令如何执行间的关系，在 MS-DOS 初始化时，这些程序在内存上如何配置、如何变化。

(2) 分析了“COMMAND.COM”的作用（改向、管道、内部命令）及其处理过程。

(3) 详细分析了 MS-DOS 的内部中断、内存管理、进程管理、文件管理。

(4) 分析了作为“MSDOS.SYS”和外部设备界面的“IO.SYS”，着重分析了控制外部设备的设备驱动程序、MS-DOS 和设备驱动程序间的关系、设备驱动程序的结构，可作为读者编写设备驱动程序的参考。

(5) 分析了作为 MS-DOS 特征的阶层文件目录结构是如何实现的，重点介绍了 FAT 表。

(6) 分析了 MS-DOS 全部的系统调用，给出了使用系统调用的实例程序，并附有详细注释。通过运行这些实例程序，可更深入理解系统功能调用的作用。程序编写上作了仔细安排，对读者用系统功能编程序有参考实用价值。

(7) 分析了 MS-DOS 未向用户公开的系统功能及使用方法，对于开发高层次程序及剖析系统程序，这些知识是必需的。

谨以此书献给读者，希望对理解 MS-DOS 内部结构能有所助益。限于笔者水平，必定有错误和不当之处，敬请批评指正。

本书编写过程中，得到华根娣、夏非彼两位同志的鼓励和帮助，谨向她们致以深切谢意。

编者

1994 年

上海科普版计算机图书邮购书目 (1994.1)

邮购另加书价的 10% 作为邮寄费, 汇款请寄:

上海曹杨路 500 号 上海科普出版社发行科 (邮码: 200063)

下列图书的读者对象分为初级、中级、高级水平三种层次, 分别以初、中、高表示,

科技新书目	书名	读者对象	定价
一、 数据库应用			
[290-317]	怎样使用汉字 dBASEⅢ及 dBASEⅢ PLUS	初、中	8.00 元
[289-326]	怎样使用汉字编译 dBASEⅢ	初、中	5.50 元
[293-304]	怎样使用中西文 dBASEⅣ	初、中	21.00 元
	怎样使用 FoxBASE+	初、中	11.00 元
[301-274]	dBASEⅢ编程技巧和应用	初、中	23.00 元, 附软件 48.00 元
[280-306]	中文数据库编程大全	初、中	27.00 元
[311-278]	ORACLE 数据库系统实用教程	中、高	12.00 元
	微机数据库编程技巧	初、中、高	94 年出版
[293-303]	FoxPro 用户参考大全	初、中、高	34.00 元
	Clipper 5.X 中文数据库程序设计	初、中	94 年出版
[293-308]	管理信息系统开发指南	中、高	15.00 元
[288-329]	计算机决策支持系统	中、高	15.00 元
二、 操作系统			
	PC-DOS 4.00 用户手册	初、中、高	9.50 元
	PC-DOS 4.00 磁盘操作系统技术参考手册	初、中、高	11.00 元
[293-309]	DOS 磁盘操作系统高级程序员指南	中、高	19.00 元
[289-325]	PC-DOS 操作系统剖析	中、高	20.00 元
	MS-DOS 5 操作指南	初、中	18.00 元
	MS-DOS 6 操作指南	初、中	94 年出版
[290-310]	DOS 操作系统培训教程	初	10.00 元
	MS-DOS 内核剖析与巧用	中、高	94 年出版
[301-272]	怎样使用 SCO XENIX 操作系统	初、中	11.00 元
[301-269]	SCO UNIX/XENIX 教程	中、高	18.00 元
	UNIX 入门	初、中	94 年出版
	UNIX 数据库教程	中、高	94 年出版
	UNIX 网络程序设计教程	中、高	94 年出版

目 录

引言 系统导论	1
0.1 MS-DOS 简史	1
0.2 MS-DOS 的设计准则	2
0.2.1 MS-DOS的设计原则	2
0.2.2 MS-DOS的构成	2
0.2.3 COMMAND文件	3
0.2.4 文件结构	3
0.2.5 内部断片化	4
0.2.6 减少内部断片化	4
0.2.7 FAT表功能	5
0.2.8 运行中的文件系统	5
0.2.9 扇区缓存	7
0.2.10 MS-DOS中没有顺序文件的概念	7
0.2.11 失效效应	8
0.2.12 MS-DOS 2.0系统	8
 第一章 MS-DOS 软件体系	10
1.1 MS-DOS 的基本构成	10
1.1.1 COMMAND.COM (命令执行部分)	10
1.1.2 MSDOS.SYS (文件管理部分)	10
1.1.3 IO.SYS (输出/入控制部分)	10
1.1.4 各模块的关系	11
1.2 MS-DOS 内存分配和启动机制	12
1.2.1 Boot 时的内存分配	12
1.2.2 启动	12
1.2.3 IO.SYS 子程序的初始化动作	14
1.2.4 MSDOS.SYS 的初始化	14
1.2.5 CONFIG.SYS 的设定	15
1.2.6 COMMAND.COM 的加载	15
1.2.7 初始化动作的含义	16
 第二章 COMMAND.COM	18
2.1 命令的输入和执行	18
2.1.1 文件的执行顺序	18
2.1.2 路径的检索处理	19

2.1.3	批命令的处理	20
2.1.4	内部命令的动作	21
2.2	I/O 的换向	21
2.2.1	换向的处理	21
2.2.2	标准输出/入和换向	22
2.3	管道	23
2.4	COMMAND.COM 的再加载	26
第三章	MSDOS.SYS	28
3.1	MSDOS.SYS 的概要	28
3.2	内部中断的机能	28
3.2.1	INT 20H 和 INT 27H (程序的终了)	29
3.2.2	INT 21H (系统功能调用)	31
3.2.3	INT 22H、INT 23H 和 INT 24H (终了地址、Ctrl-C 地址和致命错误中断地址)	31
3.2.4	INT 25H 和 INT 26H (绝对磁盘读与写)	31
3.3	MS-DOS 中程序的执行	31
3.3.1	MS-DOS 中程序的构造	32
3.3.2	内存方式	33
3.3.3	PSP (Program Segment Prefix)	35
3.3.4	环境	39
3.4	程序执行的开始和终了	41
3.4.1	进程的启动	43
3.4.2	新进程的执行	44
3.4.3	进程的终了	45
3.5	程序的链和中断	45
3.5.1	INT 22H 向量	45
3.5.2	INT 23H 和 INT 24H 向量	45
3.6	FCB 和文件处理号	49
3.6.1	基本 FCB	49
3.6.2	FCB 和文件构造	51
3.6.3	文件处理号	55
3.7	系统调用	57
3.7.1	系统调用的方法	60
3.7.2	控制台输出/入	60
3.7.3	设备的输出/入	62
3.7.4	用 FCB 读写文件	62
3.7.5	有关时间/标志的控制及其他	64
3.7.6	用文件处理号读写文件	65

3.7.7 文件目录管理	68
3.7.8 进程管理	68
3.7.9 内存管理	71
3.8 系统调用和 MSDOS.SYS 的内部处理	72
3.8.1 系统调用的呼出	72
3.8.2 控制台输出/入	73
3.8.3 文件和磁盘的缓存	73
3.8.4 系统用 FCB 和文件处理号	78
3.8.5 文件处理号与进程的关系	80
3.8.6 内存管理	82
3.8.7 结构文件	83
第四章 IO.SYS	85
4.1 IO.SYS 和设备驱动程序	85
4.1.1 块型和字符型设备	85
4.1.2 设备驱动程序的构造	86
4.1.3 设备驱动程序的链接	86
4.1.4 设备头	89
4.2 设备驱动程序的呼出	91
4.2.1 I/O 请求处理过程	92
4.2.2 命令包和两个入口指针的意义	93
4.3 BPB 和介质检查	93
4.3.1 BPB	94
4.3.2 BPB 的选择	96
4.3.3 介质描述字节	97
4.3.4 DPB	97
4.3.5 介质检查和 DPB 的更新	98
4.4 I/O 命令	99
4.4.1 请求头	99
4.4.2 状态和 I/O 请求	100
4.4.3 I/O 请求命令	101
第五章 文件系统	107
5.1 文件目录和文件	107
5.1.1 文件目录、记录项和文件	107
5.1.2 文件系统的实现	110
5.2 FAT	112
5.2.1 扇区和簇	112
5.2.2 FAT 和簇	112

5.3 磁盘的盘区	114
第六章 系统功能调用实例	117
6.1 系统调用的步骤	117
6.2 出错处理	117
6.3 寄存器的保存	119
6.4 系统调用的实例	119
6.4.1 功能 00H, 01H, 02H	119
6.4.2 功能 03H, 04H, 05H	121
6.4.3 功能 06H	123
6.4.4 功能 07H, 08H, 09H	125
6.4.5 功能 0AH, 0BH, 2AH, 2BH, 2CH, 2DH, 0CH	131
6.4.6 功能 0DH, 0EH, 11H, 12H	136
6.4.7 功能 0FH, 10H, 14H, 15H, 16H	142
6.4.8 功能 13H	146
6.4.9 功能 17H	148
6.4.10 功能 19H, 30H, 36H, 38H	151
6.4.11 功能 1AH, 21H, 22H, 23H	155
6.4.12 功能 24H, 27H, 28H, 29H	160
6.4.13 功能 25H, 35H	166
6.4.14 功能 2EH, 54H	167
6.4.15 功能 33H	169
6.4.16 功能 39H, 3AH, 3BH	171
6.4.17 功能 3CH, 3DH, 3EH, 3FH, 40H	175
6.4.18 功能 41H	182
6.4.19 功能 2FH, 42H	184
6.4.20 功能 43H	189
6.4.21 功能 44H	191
6.4.22 功能 45H	197
6.4.23 功能 46H	200
6.4.24 功能 47H	203
6.4.25 功能 48H, 49H, 4AH	205
6.4.26 功能 31H, 4BH, 4CH, 4DH	209
6.4.27 功能 4EH, 4FH	217
6.4.28 功能 56H	221
6.4.29 功能 57H	224
第七章 MS-DOS 未公开的系统功能	227
7.1 INT 21H 中未公开的功能	227

7.2	INT 21H 未公开功能的使用方法	228
7.2.1	功能 1BH、1CH	229
7.2.2	功能 1FH、32H	229
7.2.3	功能 26H、55H.....	231
7.2.4	功能 34H	231
7.2.5	功能 37H	232
7.2.6	功能 50H、51H.....	233
7.2.7	功能 52H	233
7.2.8	功能 53H	234
7.2.9	功能 58H	235

引言 系统导论

0.1 MS-DOS 简史

以西雅图计算机 86DOS、IBM 微机 DOS、赛尼斯 Z-DOS 种种名称而闻名于世的 MS-DOS 是美国西雅图计算机产品公司为 8086 系列计算机开发的操作系统。MS-DOS 的历程与 8086 计算机软件的开发紧密相关。

1975 年 5 月西雅图计算机产品公司最早研制出使用 S-100 总线、8086 微处理器的样机。当时以为 CP/M-86 不久将问世，西雅图计算机产品公司向开发 CP/M-86 的公司进行了询问，如果能使用 CP/M-86 的话，将采用 CP/M-86。（当时估计最迟到 1979 年末便可使用 CP/M-86。）但是，当时能够运行的 8086 样机只有两台，这两台样机要用于西雅图计算机产品公司内部的研究开发，所以未能向开发 CP/M-86 的软件公司提供一台样机。

此时，Microsoft 公司已开始大力开发 8086 软件的计划，已有一个内含操作系统的基本解释程序版本。1979 年 5 月的最后两周中，这个版本在西雅图计算机产品公司提供给 Microsoft 公司的硬件上，运行成功。

西雅图计算机产品公司 1979 年 6 月上旬在纽约召开的 NCC（全美计算机会议）上，展示了其 8086 微机（在 8086 上运行磁盘 BASIC，该机为采用 8086 BASIC，使用 S-100 总线的 8086 微机的第一次公开展示）。

1979 年 11 月西雅图计算机产品公司开始出售 8086 微机和独立的磁盘 BASIC。在该机上，BASIC 是其唯一可运行的软件。已越过预定日期几个月了，CP/M-86 还未问世。1980 年 4 月西雅图计算机产品公司决定自行开发 DOS，该决定不仅因为迫切需要通用操作系统，而且也因为对 CP/M-86 问世遥遥无期而担忧。

1980 年 8 月该公司开始出售 Q DOS 1.0 操作系统的最初版本。Q DOS（Quick and Dirty Operating System）意为仓促而就不甚完善的 DOS。取这一名称的由来是研制非常急促，只用 2 个月就完成了，但取得了惊人的成功。除了编辑程序之外，已具备了用汇编语言开发程序的基本实用程序。一周后，该公司开发出带有行编辑程序 EDLIN（editor of lines）的操作系统。当时估计该 DOS 的寿命约 6 个月。（实际上，它作为 MS-DOS 的一部分，延续了很长时间。）

1980 年底，发表了 DOS 的新版本，取名为 86-DOS 0.3 版。西雅图计算机产品公司将它送到 Microsoft 公司，Microsoft 公司不仅买下了 86-DOS 的版权而且连销售权也买下了。使 86-DOS 很快得到了一家用户。Digital Research 公司发表了 CP/M-86 的最初版本。1981 年 4 月，西雅图计算机产品公司发表了 86-DOS 1.0 版，它与现今广泛普及的 MS-DOS 极为相似。

1981 年 7 月，Microsoft 公司从西雅图计算机产品公司买下了有关 DOS 的全部权利，并取名 MS-DOS。不久，IBM 发表了 IBM 微机，其操作系统使用了与西雅图计算机产品公司的 86-DOS 1.14 版基本相同的版本。而后，Microsoft 公司对该 DOS 不断进

行改善, 提供给 IBM 公司 1.24 版 (IBM 的 1.1 版)。同时, 1982 年 3 月向 MS-DOS 的全部用户发表 MS-DOS 1.25 版。1983 年 2 月当 IBM XT 微机问世时, MS-DOS 2.0 版同时发表。

0.2 MS-DOS 的设计准则

微机操作系统的目的是为用户进行机器的基本控制, 同时为应用程序提供高水平的并且对机器硬件相对独立的界面, 因而可以不必介意外围设备的变化。在不同机型上, 应用程序可以正常运行。这些功能是非常引人注目的。

美国的西雅图计算机产品公司设计了使用 S-100 总线的 8086 微处理卡, 由于当时没有合适的操作系统可用, 该公司设计了 MS-DOS 操作系统。这个 MS-DOS 已被广泛应用于使用 Intel 公司的 8086 或 8088 的微机中。

0.2.1 MS-DOS 的设计原则

设计 MS-DOS 的第一个目标是使 MS-DOS 与 CP/M-80 具有互换性。如即将在 8080 或 Z80 上的 CP/M 使用的程序依据 Intel 公司提供的规则变换为 8086 用的话, 便可以在 MS-DOS 下正确运行。之所以要这样做是为了在 8086 刚刚问世不久的当时, 迅速促进 8086 软件的开发。

这一目标取得了一定的成功。一部分软件公司对 CP/M-80 的软件进行了变换, 在 MS-DOS 下运行成功, 而且开始时做了很多尝试。但遗憾的是, 从最初西雅图计算机产品公司向许多软件公司介绍了这一点, 可是多数软件开发公司甚至连试都不想试, 对 MS-DOS 采取了无视态度。在 IBM PC 问世之前, 这些软件公司认为只有 CP/M-80 才是 8086/8088 机器的操作系统。

MS-DOS 设计中追求的另一目标是速度和效率。在效率方面, 减少浪费, 将开销压到最小, 尽可能地增大存储数据的磁盘空间。在速度方面采取了下述三种措施:

- (1) 减少磁盘传送次数;
- (2) 尽可能提高磁盘传送速度;
- (3) 减少 DOS 的计算时间和应用程序运行时的开销, 并开发了文件的整体结构与磁盘界面以求得到最高的速度和效率。

MS-DOS 设计中的最后条件是用汇编语言进行开发。这对提高速度和效率起很大作用。这是采用汇编语言的基本原因。其实, 在开发 MS-DOS 的当时, 西雅图计算机产品公司所具有的 8086 软件开发工具只有在 CP/M-80 下可运行于 Z80 的汇编和应用与 2K EPROM 的监控调试程序, 这两者都是西雅图计算机产品公司自己开发的。

0.2.2 MS-DOS 的构成

MS-DOS 的核心是对物理装置相对独立的输出/入处理部分, 它保存在隐形文件 MSDOS.SYS 中。I/O 处理部分从应用程序接收实施高水平的 I/O 请求。所谓高水平的 I/O 是对指定磁盘文件的顺序或随机读写、与控制台之类字符型设备之间的通信等。驱动程序处理这些请求, 将它们变换成 I/O 系统能够处理的低水平形态。由于

MS-DOS 独立于硬件，各厂家提供的含有各公司自己设备的 MS-DOS 版本中的 MSDOS.SYS 几乎都是相同的。

I/O 系统独立于全部装置，体现在磁盘中的隐含文件 IO.SYS。除了 IBM 公司以外，这个文件一般是由硬件厂家编写的。因为只有他们最熟悉自己的设备，例如向字符型设备输出一字节、将磁盘连续的某些扇区读入内存等。COMMAND.COM 是命令处理部分，是用户和 MS-DOS 之间的标准界面。其功能是从控制台接收命令，分析命令的含义，以正确的顺序实行种种作业，以完成命令规定的操作。只使用标准的 MS-DOS 功能，执行这些作业，就像是普通的应用程序那样。

0.2.3 COMMAND 文件

COMMAND 有两个特征。其一是设置了因磁盘错误或 Ctrl-C 而终止命令的基本出错陷阱。MS-DOS 不处理缺省的错误，必须预先设置中断向量表，用中断向量来处理可预见的某些情况。设置陷阱向量，进行适当的出错处理是由 COMMAND 进行的。

第二个特征是 COMMAND 分为两个部分（常驻部分和暂驻部分）。常驻部分在内存低地址部分，在 MSDOS.SYS 的上方，它是 COMMAND 的主要部分。其中有出错陷阱、批文件处理、对暂驻部分的再加载功能。暂驻部分解释用户命令，它位于内存的最高端，任何用户程序都可以覆盖暂驻部分（有的用户程序可能占用全部暂驻区）。对于具有大容量主存的机器，这一特征没有太大的价值。

COMMAND 具有使用内部命令和执行磁盘程序文件的功能。以 .COM、.EXE、.BAT 为扩展名的文件，只要打入文件名（不必打扩展名）就可由 COMMAND 予以执行。通常，和任一内部命令一起可将程序用参数输入。综合来看，其效果是只要增加磁盘上作为外部命令的程序文件，几乎是可以不受限制地扩展系统功能，向用户提供命令组。

(1) .COM 文件全部是 2 进码程序，在 8086 的任意内存段都可运行。因此，其程序和数据必须保持在一个 64KB 的内存段中。

(2) .EXE 文件含有再定位信息，具有文件头，程序可以使用多个段。加载时，全部段间访问要调整，调查实际加载的段，重新定位。

(3) .BAT 批文件是具有由 COMMAND 顺序执行的多个命令的文本文件。

0.2.4 文件结构

磁盘通常分为磁道和扇区。当要读写某个数据块时，程序首先移动磁头到相应磁道再等待相应扇区移动到磁头下方。

MS-DOS 开发时，考虑了稍微抽象的磁盘结构。MS-DOS 不是将磁盘看作是由磁道和扇区构成，而认为是由具有序号 0~n-1 的 n 个逻辑扇区的连续序列构成的。逻辑扇区的编号方法是 0 逻辑扇区为最外侧磁道的第一个扇区，该磁道的其余扇区顺序编号（而后是下一磁道）。n-1 逻辑扇区是最内侧磁道的最后一个扇区。

逻辑扇区转换为物理扇区是由独立于硬件的 I/O 系统进行，对 MS-DOS 文件系统是完全透明的。如采用其他方法对 MS-DOS 来讲也没关系，但是对具有不同外围硬件的计算机系统间要使磁盘通用，标准的对应关系是必不可缺的。

MS-DOS 文件系统将逻辑扇区的线性序列分为四个部分。第一部分是系统保留区，

保存初始加载程序 (Boot)。因为加载程序很简单，一般只保留一个扇区。

第二部分是 FAT 表，是表示磁盘上全部文件各自分配多少磁盘空间的表。由于它很重要，通常有 2 个完全一样的 FAT 表。磁盘介质故障出现时，若其中之一不能读出还可以使用另一个。

第三部分是文件目录。磁盘上的文件，在文件目录中分别保存一个 32 字节的记录。其中有文件名、长度、最终写入时间、特殊属性等。此外，还有一个指针指向 FAT 表内某个位置。指针表示文件数据放在何处。

最后部分是磁盘数据区，被分割成长度相等的称之为分配单位（也称簇）的许多小区。各分配单位又可由 1、2、4、8、16、32、64、128 个逻辑扇区构成。此数由给定磁盘的格式决定。分配单位也编序号，序号由 2 开始。0 和 1 被保留。

0.2.5 内部断片化

MS-DOS 可处理的最小空间就是上述的分配单位。各文件在磁盘上占用的空间总量大体等于分配给它的分配单位的总数。例如，即使文件只有 1 个字节也必须把一个完整的分配单位分配给文件。

例如对 8 寸单密度磁盘的标准格式，每个分配单位是 4 个 128 字节的扇区。生成新文件时，还未分配空间，只在文件目录区产生一个记录。对文件写入最初字节时，分配一个单位（4 个扇区）的空间给文件。然后逐字节写入，文件的长度也相应更新。但是起先分配的这个分配单位未写满之前，不会有新空间分给文件。当写入长度超过 4 个扇区总长 1 字节时，从空余的空间再取出 4 个扇区（1 个分配单位）分配给文件。

当写入停止时，在最后的分配单元中将会写入一部分无用的杂乱数据。最后的分配单位中未使用的空间便浪费了。磁盘上该文件不变更的话，这些浪费的空余区便不能使用。形成这种无用的浪费空间称为内部断片化（internal fragmentation），是分配给文件的一部分空间，但是无法使用，称为断片。取平均值，最后的分配单位（不管其大小）数据只写入一半，其余一半被浪费。就是说每个文件平均要浪费半个分配单位。一个磁盘内由于断片化而浪费的总量是文件数乘以半个分配单位的长度。

外部断片化（external fragmentation）现象是因数据空间分配单位过小，有些分配单位不能被分配而不能被使用。这种现象在 MS-DOS 系统中不会产生，因为 MS-DOS 的文件不要求分配空间必须连续。

0.2.6 减少内部断片化

为了使内部断片化最小，希望分配单位尽可能地小，例如分配单位是一个字节最好。但是，不管磁盘多大，分配单位越小，其单位数就越多，要管理很大数量的分配单位会产生新的问题。特别是长度很小的分配单位其数量很大时，记录文件分配情况的表所需空间会变得很大。

对于每个分配单位，FAT 表中要占用 1.5 字节。通常，磁盘上有两个 FAT 表，每个 FAT 表要占用数个扇区。

对于标准的 8 寸单密度软盘，有 2002 个 128B 的扇区。为了使内部断片化最小，为了使分配单位最小，假如以 1 个扇区为 1 个分配单位，分配单位共 2000 个，每个 FAT

表占用 3KB，也即需占用 24 个扇区。2 个 FAT 表要占用 48 个扇区。假如文件的平均长度为 16KB，磁盘写入 16 个文件便满了。因内部断片化而浪费的空间是： $16 \times 64B / \text{文件} = 1024B$ (8 扇区)。

与内部断片化造成的浪费相比较，FAT 表占用的空间更大。为了使磁盘上的数据空间最大，必须兼顾内部断片化和 FAT 表尺寸两方面，因为两者占用的都是数据空间。8 寸单密度磁盘的标准 MS-DOS 格式其 1 个分配单位为 4 个扇区就是为了在两者间求得平衡。也许每个分配单位为 2 扇区为好 (文件的平均长度为 16KB 的话)，但是，较之较小的 FAT 和尽量大的分配单位还有更重要的原因。FAT 表全部要常驻内存。文件分配表 (FAT) 中保存着哪些分配单位分配给哪个文件的有关信息。所以，FAT 表常驻内存时，参照这些数据，不访问磁盘 FAT 表也可顺序或随机地读写任一文件。在其它操作系统 (CP/M 或 UNIX) 中，为了要知道数据在哪里，至少要访问磁盘一次。特别是随机读写的场合，如在数据库检索等应用中，经常要随机读写，因而使性能立即跌落一半 (在 MS-DOS 2.0 版以后，FAT 表已不再常驻内存)。

0.2.7 FAT 表功能

在每个文件的目录中，有 1 个分配单位的序号。它是文件中的第 1 个分配单位的序号。如还取前面的例，每个分配单位由 4 个 128 字节的扇区组成，只要看文件目录，便可知道文件的最初的 512 字节在哪里。如果文件大于 512 字节，还要查看 FAT 表。

FAT 表是分配单位序号的一维数组，可用分配单位 (也称簇) 号对 FAT 表检索。FAT 表可看作是变换表，输入一个分配单位的序号将返回另一个分配单位的序号。输入的是文件的一部分的任意分配单位，返回的序号是与输入的分配单位相连续的该文件的下一个分配单位号。FAT 表返回的分配单位号表示数据在哪里 (下面是哪个分配单位)，还表示检索 FAT 表在何处可以找到下一个分配单位号。

实际的 FAT 表的每个记录项占用 1.5 字节，每 3 个字节可以放置 2 个记录项。编程时，可用下述方法查找 FAT 表的记录。将记录项号乘以 1.5，舍去小数取整，以此数为偏移地址，取出 FAT 表该处的 2 字节，如果原来的记录项号为奇数，将该 2 字节右移 4 位，其低 12 位为 FAT 的记录项内容，从 16 进的 FAT 表数据读出其记录项决不是件容易事。

0.2.8 运行中的文件系统

要把握运行中的文件系统的整体形象，需要了解 MS-DOS 中用户程序的文件传送的请求是如何处理的。在 MS-DOS 中，应用程序被分为逻辑记录，而后作文件处理。逻辑记录的大小依赖于应用程序，其范围为 1-65535 字节。这并非是文件不变的特征，而是依据此一时彼一时文件传送要求而变化。某时刻所使用的逻辑记录的长度每次传送时，要通知 MS-DOS。当然，它与磁盘所用扇区的大小无关。

为了读出文件，应用程序必须将逻辑记录的大小、开始读的逻辑记录号、顺序读出的逻辑记录个数通知 MS-DOS。MS-DOS 如何使用这些信息呢？请看下面的例子。应用程序使用的记录长度为 80 字节，设置成一次读 15 个记录。当第二次读出时，是怎样的呢？就是说，已经读出了 15 个记录，下面要再读第二个 15 个记录。要求是对长度 80 字