

IBM PC/XT
维修丛书



软 盘 子 系 统 分 析

《计算机科学技术与应用》编辑部

四 IBM 软盘子系统分析

唐 华 栋

尽管 IBM PC/XT 的内存容量能达到 640KB 存储空间,但在微机使用过程中,需要随时调用系统软件(例如编辑、汇编、编译、连接、调试程序)和用户程序,要把这些程序都装入内存是不可能的,因此仍然要利用外存贮器扩充内存的容量。在微机外存贮器装置中,使用最多的是软盘。微机的系统软件 and 用户程序以文件形式存放在软盘上,而且管理微机系统软、硬资源的磁盘操作系统本身又是存在软盘上的,因此,一旦软盘子系统出现故障,就将导致整个系统的瘫痪。

在磁盘操作系统的支持下,用户用一个命令就能对软盘上数据进行访问。然而,具体地实现对软盘的读、写操作却远没有这样方便。一般地说,软盘驱动器所能提供的数据格式与计算机所能接收的数据格式相差甚远,必须依靠软盘控制器电路才能实现软盘与计算机之间的信息交换。

一个典型的软盘子系统框图如图 4-1 所示:它主要包括软盘适配器和软盘驱动器两个部分。软盘适配器是软盘驱动器和 CPU 的接口,它的核心是一片大规模集成电路的软盘控制器,与 CPU 及 FDD 之间都有接口线路。在软盘驱动器与内存直接存取时需要由 DMA 控制器控制。

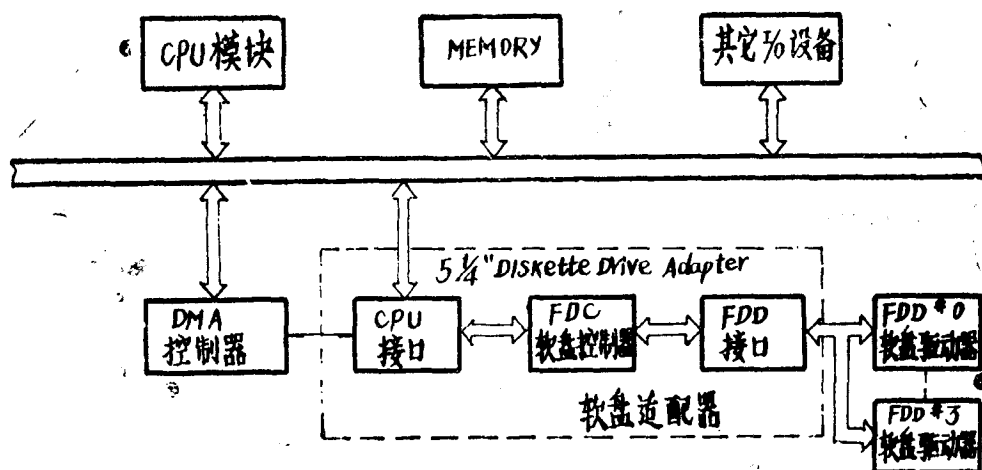


图 4-1 软盘子系统与 CPU 之间关系

§4-1 IBM 5 $\frac{1}{4}$ 软盘驱动器

图 4-2 是软盘驱动器框图。从图中可以看出,软盘驱动器由主轴稳速驱动系统、磁头定位系统数据读、写、抹电路系统组成。

主轴稳速系统:即伺服驱动系统。由接口信号“马达开启”控制 12V 的主轴直流马达,它通过皮带传动机构使盘片以 300 转/分的速度旋转,从主轴伺服马达的测速表输出电压

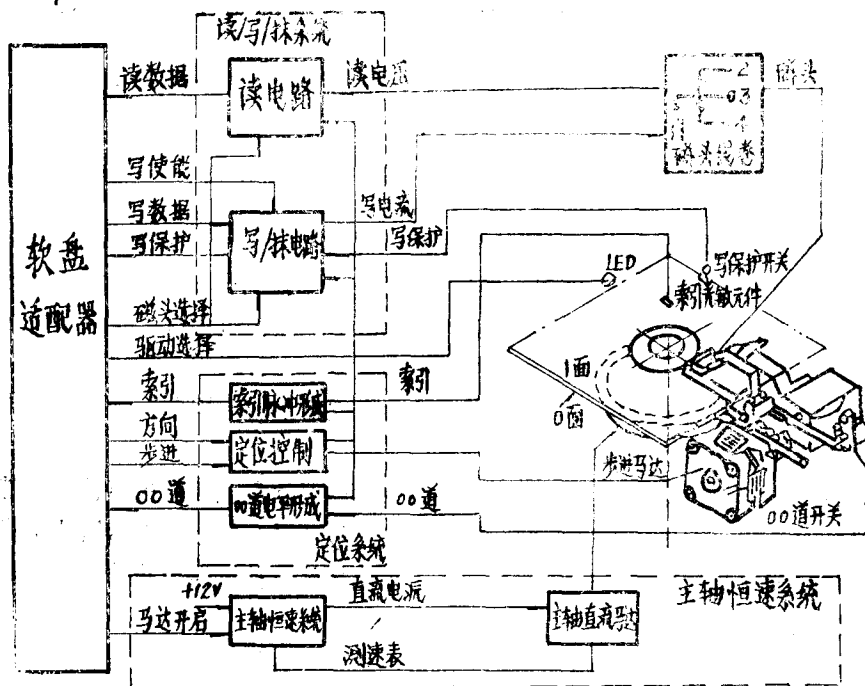


图 4-2 FDD 内部框图

反馈给主轴恒速系统，从而保证主轴马达维持300转/分的恒定速度。

磁头定位系统：它用四相双拍步进马达带动钢带以拖动读/写磁头作径向直线运动，它在接口电路送来的“方向”和“步进”脉冲控制下，使步进马达每接收一个步进脉冲，便移动一个磁道。在驱动器上安装了三个传感器，它们是：00道开关、写保护开关、索引光敏元件。IBM-5 $\frac{1}{4}$ "软盘驱动器采用标准5.25英寸双面软盘片，每面磁道数为40，最外面的磁道编号为00，每一磁道上有8或9个扇区，在盘上有一个索引孔，标志每一个磁道的起始位置，而磁道扇区划分则利用软件来格式化，即所谓软分区盘片。00道开关、索引光敏元件检测磁头的定位。

数据读、写、抹电路系统：磁头由两个半环的铁氧体用陶瓷熔接而成，直接接触软盘片。读、写头包括三个线卷：两个读、写线卷绕制在同一铁芯上，从读、写线卷中心抽头出一个抹线卷绕制在跨于读、写磁道的铁芯上，读数据时，两个线卷相串接，而写操作时，轮流使用其中一个线卷。磁头厚度一般等于磁道的宽度。在写操作期间，写入头先记录一条宽为0.33mm的数据磁道，然后通过抹磁头把边缘抹去使实际磁道宽度变为0.305mm。这样做，可减少道间干扰，提高道密度。从软盘适配器送入写抹电路的接口信号有：驱动器选择、磁头选择、写使能和写数据(MFM制数据)。

现以苏州电子计算机厂情报资料室出：《IBM PC/XT 苏州0520 逻辑原理图》中5 $\frac{1}{4}$ Inch Diskette Drive Type 1为例分析驱动器电路。

1) **主轴马达恒速电路** 由三部分组成：电源调整管(Q_1)、控制器(Q_2)和比较器。接口送来的MOTOR ON信号(低电平有效)，使 Q_2 截止，从而 Q_1 必然开通，+12V电源

电流通过 Q_1 驱动马达旋转。在伺服马达上装有一个积分式转速表, 用它测量出马达转速变化, 并转换成电信号送给 LM2917 中的斯密特电路, 整形后送给比较器。比较器的一端接在标准电压 R_4 上, 比较结果通过一级放大送 Q_1 基极, 控制送入马达的驱动电流。现在是假定电源电压增加, 马达转速增加, 从转速表送来的信号会使比较器输出的电压 (Q_1 基极电压) 下降, 从而降低了马达中的驱动电流。当马达电流超过 1.3 安培时, R_{11} 上压降增大, 导致 Q_2 管导通, 迫使 Q_1 截止, 从而禁止马达驱动。

通常“MOTOR ON”信号作用后, 须有 250ms 的延迟, 才使得盘片中心孔夹轮以 300 转/分的恒定速度旋转。

2) 磁头定位系统电路

a) 驱动器选择。图中有一只双列直插式开关 (又称分路器), 在多驱动器系统, 须将开关中 MUX 线断开, 并按你想选择的驱动器接通 DS_0 — DS_3 中的一个。当适配器送来盘选信号时, 只有被开关选中的盘才产生“OUT”高电平信号, 这个信号, 使读数据、索引信号、写保护信号、00 道电平送往接口, 同时驱动面板前的 LED 指示灯。

b) 00 道检测 它由一个单刀双掷开关和 RS 触发器组成。当步进马达在“方向”和“步”信号控制下, 后退到 00 道位置时, 开关从 NC 位置改变到 NO 位置, 使 4F-13 脚为“0”, 置 11 脚为“1”, 通过门电路向接口送出 00 道信号。

c) 索引脉冲产生 索引脉冲表明磁道起始位置, 它是控制磁头寻道、寻区读写的重要信息。盘在工作时, 以 300 转/分的速度旋转, 索引孔通过发光二极管时, 便在光敏二极管上产生一个电脉冲, 通过 Q_8 放大, 送出索引脉冲。其周期为 200ms, 脉冲宽度为 4ms。

d)、写保护检测 这是一只常闭型开关。当插入“写保护”盘片后, 开关断开, TP9 为高电平, 向接口送“写保护”信号, 禁止写电路工作。

e)、磁头“方向”和“步进”信号控制逻辑 该驱动器采用四相双拍式步进马达。“方向”信号控制磁头运动方向。“方向”为低电平时, 磁头向盘中心运动; “方向”为高电平时, 磁头离开盘中心退向 00 磁道。“步进”信号控制四相步进马达中二相导通, 在“方向”信号控制下, 每一个步进信号到来, 电路中二个 D 触发器工作状态产生变化, 使步进马达中二相轮流通电, 从而带动磁头移动一个磁道的距离。图 4—3 为在“方向”和“步进”控制下 D 触发器状态分析。在选好驱动器 (OUT 为高电平) 及不在写时, 要求“方向”先稳定 0.1μs 之后才开始来步进脉冲。若“方向”为低电平即向里时, 线卷通电方向为 $\phi_{41} \rightarrow \phi_{12} \rightarrow \phi_{23} \rightarrow \phi_{34} \rightarrow \phi_{41}$, 结果使磁头向盘中心前进四个磁道。若“方向”为高电平即向外时, 步进马达四相线卷导通状态变化如下: $\phi_{14} \rightarrow \phi_{43} \rightarrow \phi_{32} \rightarrow \phi_{21} \rightarrow \phi_{14}$, 结果使磁头向 00 道后退了四个磁道。D 触发器输出经 4D、4E 四个与非门后送往步进马达。

在“方向”信号为高电平时, 当磁头处于 00 道时, “00 道”信号和“方向”高电平经“与非”的结果封住与非门 4B。禁止继续退头。

3) 数据读、写、抹电路

a) 写、抹电路分析 写电路框图见图 4—4 所示。从接口送来面选信号 (SIDE ONE = 0 时选择 1 面, 反之选择 0 面), 经面选开关使选中的一只读、写、抹磁头线卷中心接高。在盘片非写保护时, 马达开启稳定后, 选好驱动器。若接口送来“写使能”信号由门电路产生写信号 ($\overline{WRT}$)。此时才接收写数据并开启写电流源, 进行写操作。写波形发生器是一

个 D 触发器，接成二分频状态。从接口送来的合成写数据脉冲(如 MFM 制)，不管是时钟

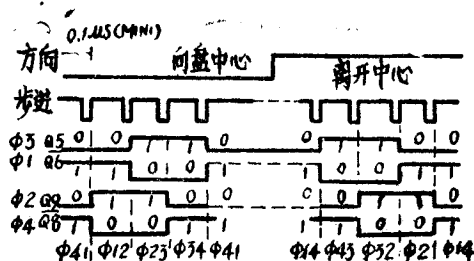


图 4—3 在“方向”和“步进”控制下 D 触发器状态分析

时，磁头状态稳定，写、读才能可靠。

“写使能”一有效，必须留 $4\mu\text{s} \sim 8\mu\text{s}$ 的间隔，接口才送来调频制合成数据(例如 MF, M 制)。“写使能”信号有效 $390\mu\text{s}$ 之后，抹延时电路发出“边缘抹去”信号(ERASE)，送磁头抹线卷，把写数据的宽度为 0.33mm 的磁道抹成宽度为 0.305mm 的磁道。在“写使能”信号无效后 $800\mu\text{s}$ 的时间内，“边缘抹去”信号仍保持有效。只有写使能有效的时间内，送来的调频数据才能有效地被记录在盘上，合成数据的每一位脉冲的前沿，不管是 MFM 中的时钟位还是数据位，都使写电路中的写波形触发器翻转产生跳变，这种按数据规律所产生的脉冲波形被功率放大器放大后，送入写磁头写线卷，这就是写电流。磁头中写电流使磁盘上磁介质磁化，磁化规律就是数据编码规律。

b) 读电路分析 读数据过程就是把磁头读线卷上的感应电流转换成 MFM 制调频制数

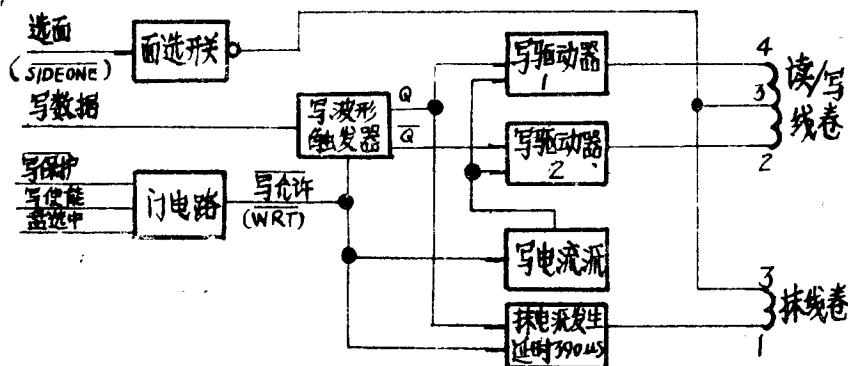


图 4—4 写电路方框图

据的过程。磁头在“方向”和“步进”脉冲的控制下，寻找要读出的道和扇区。当磁头对准记录着数据的磁道时，由于剩磁，就会在相对运动着的磁头线卷中，感应出信号电流。由于磁化曲线非线性，以及磁性材料、机械装置、电子线路等必然产生出噪声，因此在读出的微弱电流中，非线性、噪声、磁记录拥挤效应相当严重，故要求读电路能抑制噪声、检测出数据信号，并对读出信号作相位鉴别、整形等处理，还要对读出的数据进行数字化，使其恢复时钟和数据相间隔的调频制数据(MFM 制)。最后读出的合成数据送适配器进行时钟和数据分离。图 4—6 是读电路框图。前置放大器采用差分放大，抗干扰能力强，在

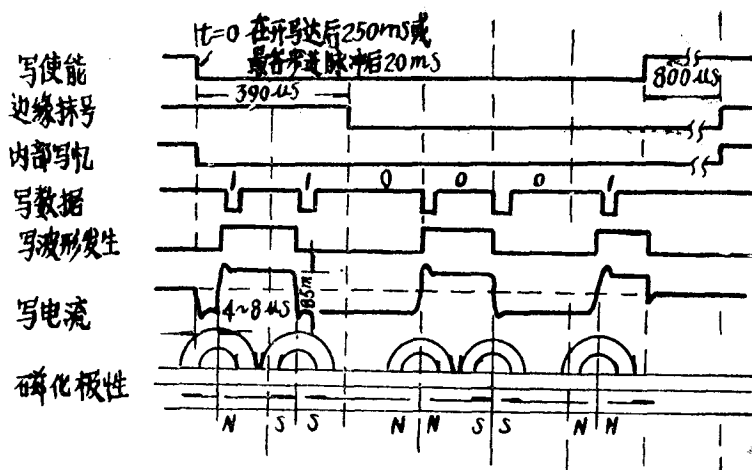


图 4-5 写数据时序图

MPM 制高记录密度下，读出信号是非线性的，近似于正弦波。经放大后的信号须进行低通滤波，去除高频噪声。再经带通放大器送到微分鉴相电路。采用微分鉴相的原因是由于磁盘上的数据是高密度的连续脉冲波，有时两个脉冲电流所产生的磁化点波峰相距较近，这两个波相邻的部分会互相重叠，相互抵消，使幅度降低，严重时造成数据和噪声不分。针对上述数据磁记录的重叠拥挤效应，读出数据时，就必须加检测电路。在调频制读出时，一般采用微分电路进行峰值鉴别。读出的信号通过微分电路之后，等于移相 90° ，亦即读出数据峰顶位置变成了交零位置。使通过微分后的输出脉冲能正确地对准原始读出波

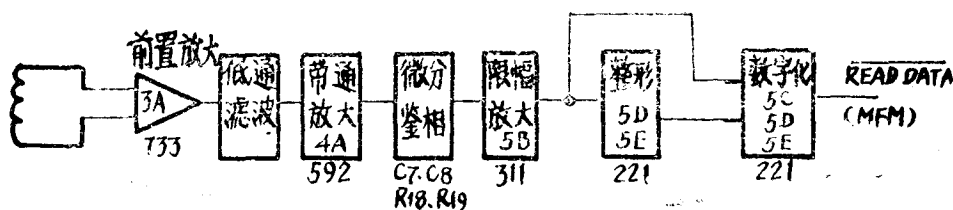


图 4-6 读电路框图

形的峰顶，(读数据波形见图 4-7 所示)。微分后经比较器放大比较后，输出读出数据的方波。读方波与写电路中写波形发生器输出的波形类似。它的每一个上跳沿和下跳沿分别代表 MFM 制中每一个数据或时钟位。数字化电路有二级单稳电路组成，先利用异或门 5D 和 R_{21} 、 C_1 组成的延迟电路，再加上一个单稳电路及一个 D 触发器对微分整形后的信号进一步整形，同时进一步除去读出信号的噪声。经 D 触发器后输出的读信号边缘将变得更陡更好，然后送异或门 5D。异或门 5D 对读出信号的前跳沿和后跳沿都输出一个正脉冲去触发第二级单稳电路 5E，产生恒定宽度为 T_w ($T_w = 0.7 \times 3.09K \times 470P \approx 1\mu s$) 的脉冲输出。此数字化电路输出 MFM 制数据，送往接口。第二级单稳输出波形类似于第一级单稳态输出，不过其脉宽不一样罢了。

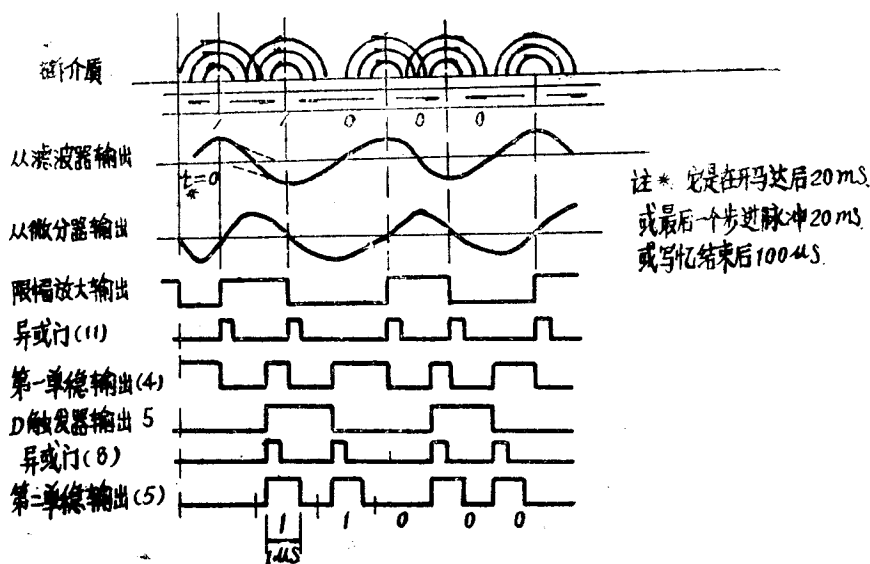


图 4—7 读数据时序图

§4-2 软盘适配器

§4-2-1 软盘上数据的记录方式。

软盘上数据的记录方式(又称编码方式)几乎都采用调频制。最初的软盘是使用 8 英寸的单面盘片, 记录方式采用 FM 制(调频制或双频制)。单盘容量只有 200KB 左右, 之后, 为了增加容量, 把单面使用的软盘改为双面使用, 并改变了编码方式, 采用 MFM 制记录方式(改进调频制), 使记录的密度提高了一倍。采用这些措施后, 即使采用体积较小的 5.25 英寸软盘, 其记录容量也可达 320KB 或 360KB(40 道, 每道 8 或 9 个扇区时)。若将磁道数增加一倍(40 道提高到 80 道), 并增加每道扇区数, 现在单片双面双密度 5.25 英寸软盘容量可达 1.2MB。

图 4—8 为 FM 记录方式和 MFM 记录方式的比较。在 FM 记录方式时, 每一位有效数据均以时钟位开头, 数据位(“0”或“1”)写在位单元中间。这样一来, 在写操作时, 不管时钟还是数据, 当每个脉冲前沿改变写电流方向时使软盘介质磁化极性翻转一次, 并且记录数据“1”的频率和记录数据“0”的频率相差一倍。在读操作时, 时钟位作为同步脉冲, 从合成的读数据(包含时钟和数据)中分离出数据位。在 MFM 记录方式中, 数据位写在位单元中央, 在连续两个不写数据位的中间才插入时钟位。可见这种记录方式不是每一位数据都有其时钟位, 即每个单元未必有时钟位。这样传送同样数据, 磁记录时磁心翻转可以减少一半, 换言之, 若将位单位时间减少一半, 得到的磁记录密度和 FM 制

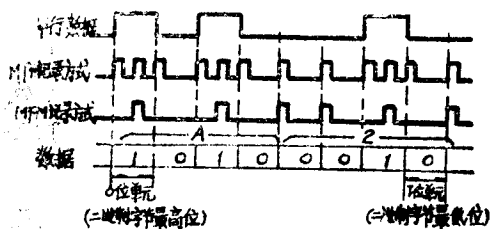


图 4—8 FM 记录方式和 MFM 记录方式的比较

相应地, FM 记录方式称单密度, MFM 记录方式称倍密度。

§4-2-2 软盘上数据的记录格式

软盘按记录密度可以分为单密度和倍密度；从使用的盘面来看，可以分为单面和双面。信息在软盘上的记录是按一个个同心圆记录的，每一圈称为一个磁道。IBM PC/XT 5.25 英寸软盘使用双面双密度，每面分为 40 道，最外道为 00，最内道为 39，每道划分成 9 个扇区（从索引孔开始分成 01—09 区），每扇区记录 512 字节的数据，因此单片数据记录容量为 360KB（2 面×40 道/面×9 区/道×512 字节/区=368, 640 字节）

通常把每扇区包含的信息称为一个记录。软盘记录是按串行传输的，而数据的处理都是以字节为单位的，一字节是相邻的 8 个位单元，字节的最高位放在 0 位单元，字节的最低位放在 7 位单元。最先读写的是高位字节。

长期以来，IBM 公司在计算机领域中所处的垄断地位，使得不少计算机方面的规定都是以 IBM 公司相应规定作标准的，在软盘记录格式方面也是如此。目前 8 英寸软盘的信息记录格式，单密度的记录采用 IBM3740 格式，双密度一般采用 IBM34 系列的格式。由于 5 英寸软盘不是 IBM 公司首先发展的，所以没有对应的 IBM 标准。目前，还没有一个世界公认的 5 英寸盘的标准格式，一般都是在 8 英寸盘的基础上加以修改，IBM5 英寸软盘使用 IBM SYSTEM 34 格式。

磁道上划分扇区方法有二种。一种是盘片只有一个索引孔，由索引孔输出器产生索引脉冲作为磁道的起始点标志。用户在第一次使用新盘时，通过格式化程序选择各个区的长度，并写明该区的地址。这种方法称为软分区方法，又称索引分区方法。另一种是除盘片内径有一索引孔外，每个扇区前均有一个区段索引孔。利用区段索引孔把各区的长度固定下来，不能由用户选择，这种方法称为硬分区方法。一般 5.25 英寸软盘采用软分区方法。图 4—9 为一个 5.25 英寸软盘磁道格式。每一个区由一个识别场 (ID field) 和一个数据场 (Data field) 组成。识别场写在数据场的前面，其作用是指明本扇区的数据场是第几个磁道 (C)、第 n 个区号 (R)，哪一个面 (H) 及数据长度 (N)。可以说它起着相当于地址的作用。数据场内容是记录数据。磁道上的索引标志、识别码和数据场之间均由空段间隔分开。每个场开始有若干个字节的同步码号 (00H)，接着是地址标记 (如 AM1, AM2)。每个场的最后是 2 字节的 CRC 校验码。这些间隔起着二个作用：一方面提供读写开关的时间以使各场分开；另一方面用来补偿由于转速和制造公差变化，使盘片在不同驱动器之间互换。同步码的作用是同步各个场的起点。地址标记是每个场的第一字节，它用来指明后面的场是什么场，并作为场的开始。地址标志和其它数据字节不同在于其某几位中没有时钟位，不同的地址标记用于识别不同类型的场。从图 4—9 可以看出，识别场包括 ID 地址标记 (AM1)、区所在道号 (C)、头号 (H)、区号 (R) 及区字节长度 (N)、两个字节的 CRC 码。一张新盘片在使用之前，先要进行格式化，即由初始化程序按规定往整个磁道上写入识别场和间隙。以后在写操作时，先要找到相应的 ID 场，然而开始“写入”到正确的数据场上；在读操作时，也先找到相应的 ID 场，再从数据场上读出记录作为数据。一般来说，除了第一个扇区编号为 01 外，其余使用的逻辑区号并不一定与实际的物理区号对应，而是由系统软件在初始化时决定的。

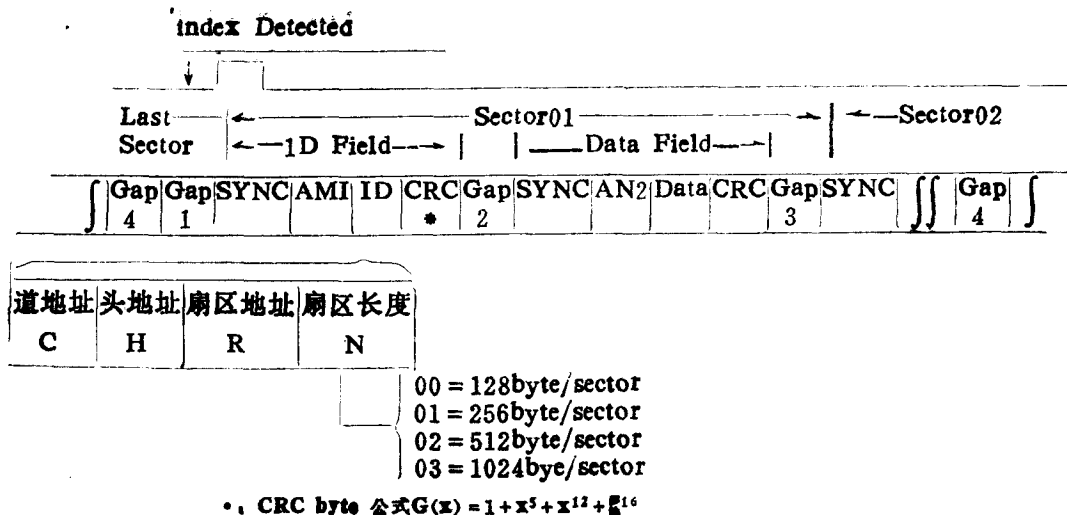


图 4-9 5.25 英寸软盘磁道格式

软盘的信息格式是十分复杂的，实现这些格式控制的电路，以及软盘驱动器的控制信息产生电路就非常复杂。因此，目前软盘适配器几乎都使用 FDC 大规模集成电路。相应地，软盘适配器的设计任务转变为对它性能的熟悉，并通过对它内部寄存器的使用来完成软盘子系统的控制。图 4—10 为用 μ PD765 FDC 构成的软盘子系统框图。它的核心部份是 μ PD765 软盘控制器芯片(以下简称“FDC”)，也可以使用其它与之兼容的软盘控制器芯片，如 Intel 8272 等。

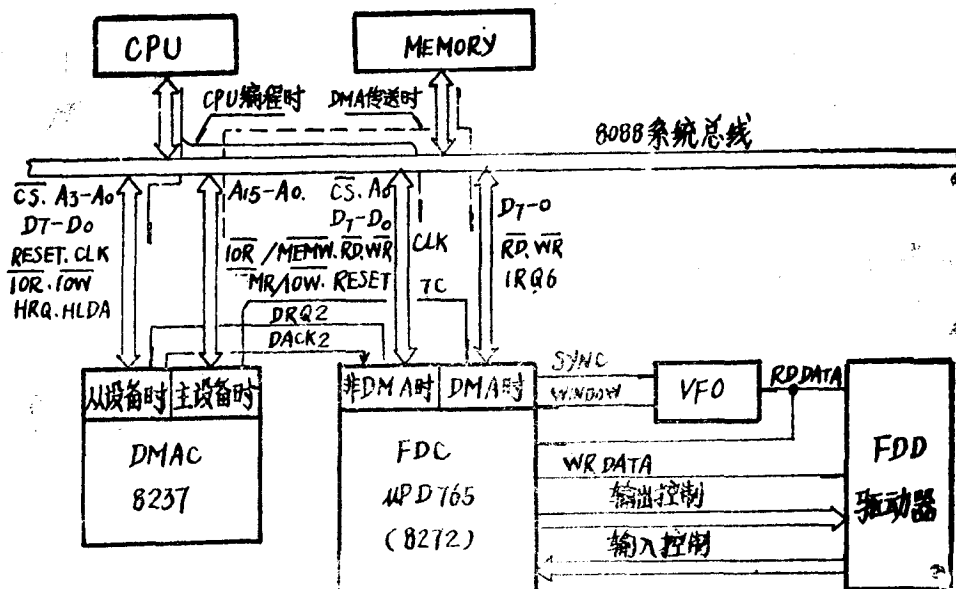


图 4—10 用 μ PD765 构成的软盘子系统框图

图 4—10 中 Intel 8237 作为 DMA 控制器芯片，用来实现软盘控制器和存储器间数据

直接存取，在进行软盘控制器和存储器间数据传送之前，DMAC 作为从设备，由 CPU 对它

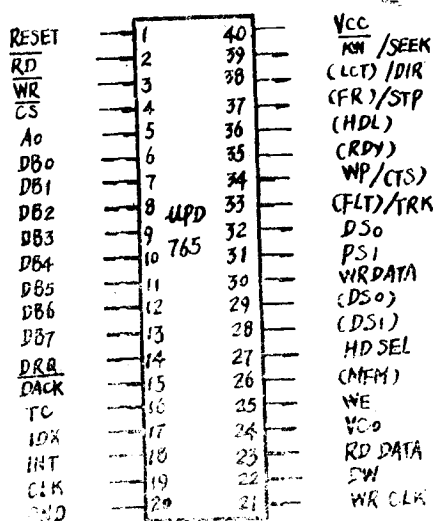


图 4—11 μ PD765 引脚排列

它进行内存地址、交换字数和读写命令的预置。在 DMA 传送期间，由 DMAC 控制器，发出相应的内存地址和读、写命令，完成软盘控制器和存储器间数据传递。 μ PD765 可以有二种工作方式，在非 DMA 方式时，作为从设备，用 CPU 对它编程，接受系统总线送来的命令字。一旦编程完毕，FDC 通过 DMA 请求、响应并进入 DMA 方式。此时在 DMAC 控制下，执行 FDC 命令。执行阶段结束，FDC 发出中断请求，此时 FDC 又进入非 DMA 方式。FDC 和 FDD 接口完成软盘上串行数据的读写和控制。图 4—10 详细地画出了 CPU 编程时和 DMA 传送时所使用的信号。

A. FDC μ PD765 的结构：FDC 是具有

四台软盘驱动器连接到 8080~8088 多种处理器的接口。它既可支持 IBM3740 标准的单密度格式(调频制 FM)，也可支持 IBM34 系统采用的双倍密度格式(改进调频制 MFM)。它既能用 DMA 方式与内存贮器传送数据，也能采用非 DMA 方式，此时每传送一个数据字节，蕊片就会产生一次中断信号。

μ PD765 引脚排列如图 4-11 所示。 μ D765 内部方块图如图 4-12 所示。这两图中用括号括起来的信号在 IBM PC/XT 软盘适配器中没有采用。 μ PD765 蕊片可以分成三部分来加以说明：与系统总线接口、软盘驱动器接口，以及器件内部的寄存器。

(1) 与系统总线接口：

①地址线：

CS： μ PD765 的选片信号， μ PD765 用作接受 CPU 的 I/O 读写命令。

A₀：内部数据/状态寄存器选择；A₀=1，选择数据寄存器；A₀=0，选择主状态寄存器。

②DB7—DB0 8 位双向三态数据线。

③控制信号：

INT：中断请求线，用来告诉 CPU，FDC 的操作已完成，请求服务。

DRQ 和 DACK：DMA 请求和 DMA 回答。这是一对 DMA 联络线，和 DMAC 相连接。DACK=0 时， μ PD765 接受 DMA 传送。



RD 和 WR：读和写。这对信号由 CPU 或 DMAC 发来。用来控制数据传递方向，RD=0 时，数据从 FDC 传送到系统总线，WR=0 时，数据从系统总线传送到 FDC。

TC：当计数结束，和 DMAC 相连，表明 DMA 传送结束。

RESET：复位，使 μ PD765 置于空闲状态。驱动接口的输出信号置低电平。

CLK：时钟，4MHZ 方波。

(2) 与软盘驱动器接口：

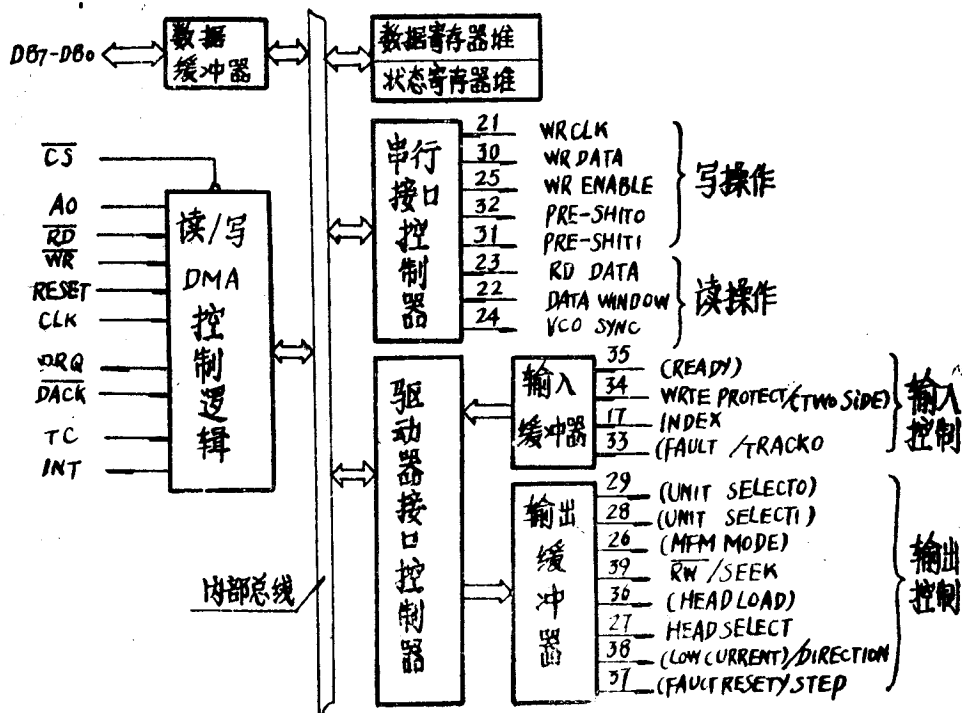


图 4—12 μ PD765 内部方块图

①串行传送控制：串行传送控制部份主要实现串行与并行之间相互变换，同时进行编码和解码。

WR CLK：写时钟，提供FDD写数据的速率，本文MFM=500KHZ，脉宽=250ns。

WR DATA：写数据，送给FDD的合成数据(串行时钟和数据)。

WR ENABLE：写允许，允许数据写入FDD。

PS1, PS0：写入预补偿，在MFM方式中，为补偿磁特性读出的波形峰值漂移，在写数据时，进行写入预补偿，以确定时间提前、延迟还是正常。

DR DATA：读数据，从软盘读出的尚未分离的合成数据(包含时钟和数据)。

DW：数据窗口，由锁相环产生，跟踪合成数据中的数据位，以便将数据从合成信号中分离出来。

VCO：压电振荡器控制，VCO=1，允许锁相环工作。

②驱动状态输入部分：

RDY：准备好，表明FDD准备发送或接收数据。

WP/TS：写保护/双面。在读/写方式时，检测FDD的写保护状态；在寻道方式时，检测双面。

IDX：索引。表明一个磁道开始。

FLT/TRK：故障/0磁道。在读/写方式时，检测FDD故障情况，在寻道方式时，检测00磁道。

③驱动器控制：

DS1、DS0: 驱动器选择。

MF $\overline{M}$: MF $\overline{M}$ 方式选择。

$\overline{RW}$ /SEEK: 读写/寻道。为1时, 选择寻道方式; 为0时, 选择读写方式。

HDL: 磁头加载。使 FDD 读/写磁头接触盘面。

HD SEL: 磁头选择。为1时, 选择1*磁头; 为0时, 选择0*磁头。

LCT/DIR: 低电流/方向。在读/写操作进入内道时, 为小电流指示; 在寻道时, 为磁头步进方向。

FR/STP: 故障清除/步进。在读/写时, 清除 FDD 上的故障; 在寻道时, 提供步进脉冲。

(3) 内部寄存器

μ PD765 内部有两组可以由 CPU 访问的寄存器堆, 即状态寄存器堆和数据寄存器堆。数据/状态寄存器与 $\overline{RD}$ 、 $\overline{WR}$ 和 A_0 之间关系见表 4—1。状态寄存器有主状态寄存器和四个状态寄存器 (ST_0 、 ST_1 、 ST_2 、 ST_3)。八位主状态寄存器含有 FDC 的状态信息, 可以让 CPU 随时读取。四个状态寄存器反映了 DMA 传送之后的结果信息, 因此只能

表 4—1 内部寄存器选择

A_0	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	功 能
0	0	1	读主状态寄存器(写命令或读结果之前)
1	1	0	写数据寄存器(命令阶段)
1	0	1	读数据寄存器(结果阶段)

在 FDC 命令执行完之后进入结果阶段才能读取, 而且自行决定要读几个状态寄存器。数据寄存器存放命令、参数、数据和 FDD 的状态信息, 用于编程或命令执行完后读取结果。数据寄存器实际上是由堆栈中的几个寄存器组成, 某一时刻只有栈顶的寄存器与系统数据总线接通, 因此只需要一个 I/O 端口地址 (IBM PC/XT 定义 FDC 数据寄存器的 I/O 地址为“3F5”), 并且按次序存取数据寄存器。由上可知, 了解 μ PD765 的内部寄存器, 有助于了解对 μ PD765 的编程和工作原理。有关内部寄存器的使用, 我们将在 μ PD765 的命令描述部分介绍。

B. μ PD765 执行过程: μ PD765 作为系统与软盘驱动器之间的接口器件, 从 CPU 接受命令, 执行 CPU 或 DMA 传送操作, 并将执行结果送回 CPU。 μ PD765 可以执行 15 种不同的命令, 为便于描述各命令的全部执行过程, 把 μ PD765 的命令操作分为三个阶段。如图 4—13 所示。

命令阶段: 由 CPU 编程, CPU 按次序向 FDC 写入指定操作的命令序列信息。在每个字节写入数据寄存器之前, CPU 必须先读取主状态寄存器。主状态寄存器用来反映 FDC 的当前状态。主状态寄存器每位的含义如表 4—2 所示。若主状态寄存器的 D_7 (RQM) 和 D_0 (DIO) 分别为“1”和“0”时, 说明 FDC 数据寄存器准备好, 处于写状态。此时才能按命令表写每个字节到数据寄存器。直到命令和参数按规定写完之后, 执行阶段便自动开始

执行阶段: FDC 按命令执行指定的操作。若 DMA 工作方式, μ PD765 产生 DRQ 申

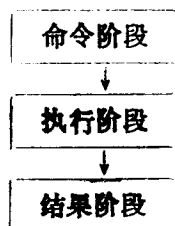


图 4—13 μ PD765命令的操作过程

请, 在 DMAC 送回 $\overline{\text{DACK}}$ 回答信号时进行 DMA 传送。 μ PD765 接收 DMAC 送来的 TC 信号后, 向 CPU 发出 INT 请求, 执行阶段结束, 进入结果阶段。

表 4-2 主状态寄存器各位的含义

位 号	符 号	意 义
D7	RQM	FDC请求主机, RQM = 1数据寄存器准备好可以从CPU接收(或向CPU发送)数据
D6	DIO	数据输入输出方向。‘0’数据从CPU写到FDC, ‘1’数据从FDC读到CPU
D5	NDM	非DMA方式。使FDC采用非DMA方式。
D4	CB	FDC 忙。FDC 正在处理读/写数据寄存器
D3	D3B	D盘忙。D盘正在寻道。
D2	D2B	C盘忙。C盘正在寻道。
D1	D1B	B盘忙。B盘正在寻道。
D0	D0B	A盘忙。A盘正在寻道。

表 4—3 状态寄存器各位含义:
状态寄存器0*(中断原因)

位	名 称	符号	说 明
D7	中断原因	IC	“00”命令正常结束(命令正确执行和完成)
			“01”命令异常结束(命令开始执行, 但未完成)
D6			“10”无效命令, (发了无效命令, 无法启动)
			“11”因驱动器原因, 命令异常结束(在执行命令时) FDD准备好变化
D5	寻道结束	SE	FDC完成寻道命令
D4	驱动器有错	EC	收到FDD故障信号或发出77个步进脉冲(0道命令)后0道信号仍无效
D3	驱动器未就绪	NR	FDD未就绪而发读写命令, 或单面盘发读写命令到1面
D2	头 号	HD	中断时磁头号
D1		US1	D1D0指出引起中断的驱动器号
D0		US0	

状态寄存器1* (出错原因之一)

位	名 称	符号	说 明
D7	圆柱面结束	EN	FDC企图存取超过柱面的最末的扇区
D6			不用, 总为0
D5	数据错	DE	FDC在识别场或数据场发现CRC错
D4	超时	OR	在数据传送期间, 在指定时间内, FDC没有被CPU服务
D3			不用, 总为0
D2	没有数据	ND	在读数据、写删除数据或扫描命令执行期间, FDC找不到指定的扇区, 在读识别场命令执行期, FDC不能正确地读ID场 在寻道命令执行期间, 找不到起始的扇区
D1	不能写	NW	在执行写数据, 写删除数据或格式化命令时, FDC检测到FDD写保护
D0	缺少ID地址标志	MA	FDC不能找到ID的地址标志

状态寄存器 (出错原因之二)

位	名 称	符号	说 明
D7			不用, 总为0
D6	控制标志	CM	读数据或扫描时, 发现某区含有删除数据地址标志
D5	数据场错	DD	数据场中数据CRC错
D4	圆柱面错	WC	此位与ND有关, 读出C的内容和所需的磁道号不符。
D3	扫描相等	SH	执行扫描命令时, 满足“相等”条件
D2	扫描不符	SN	执行扫描命令时, 找不到满足“相等”条件的扇区
D1	坏磁道	BC	此位与ND有关, 若读出的C内容为“FF”时
D0	缺少数据场地址标志	MD	在读命令时, FDC找不到数据场的地址标志

状态寄存器(驱动器状态)

位	名 称	符号	说 明
D7	故 障	FT	来自FDD的故障信号状态
D6	写 保 护	WP	来自FDD的写保护信号状态
D5	就 绪	RY	来自FDD的就绪信号状态
D4	00道	TO	来自FDD的00道信号状态
D3	两 面	TS	来自FDD的双面信号状态
D2	头 号	HD	到FDD去的面选信号
D1	台 选1	US1	到FDD的台选1信号
D0	台 选0	US0	到FDD的台选0信号

结果阶段：由 CPU 读取结果状态，分析命令序列执行正确与否，再作适当处理。进入结果阶段时，也先判主状态寄存器的 D7(RQM)和 D6(DIO)，若分别为“1”和“1”时，才能开始读取每个字节。结果阶段中读取的数据字节也像命令阶段中写入数据寄存器时一样，是按堆栈顺序存放的，所以按次序读取，直到读出最后一个数据寄存器时，结果阶段自动结束， μ PD795 准备新的命令。四个状态寄存器 ST3~ST0 只能在结果阶段当作数据寄存器使用。根据命令结果阶段自行决定几个状态寄存器。状态寄存器 0*、1*、2*、3* 各位含义见表4—3。

C. μ PD765命令描述：在描述 μ PD765 命令之前，先将命令序列中所用到的一些记忆符介绍一下。见表4—4。

在表中，还指出了 IBM PC/XT 中对 FDC编程所用的常数(16 进制)：SC=08 (每道 8 个扇区)；N=02(每区512字节)；GPL=50或2A(格式化或读/写的间隔3长度)；D=F6 (格式化填充的数据图形)；HLT=01 (FDD加载时间4ms)；HUT=F(FDD卸载时间480ms)，SRT=C(步进速率8ms)。下面对 15 种 FDC 命令序列分类作概括介绍。表 4—5 是 μ PD765 的 15 种命令摘要。

按照命令的功能这 15 种命令基本上可分为五类：设定驱动器参数(如指定参数命令)；格式化(如格式化一条磁道命令)；定位(如磁头回0道命令、寻道命令)；读状态(如读中断状态命令、读驱动器状态命令、读标识场命令)；数据传送和扫描(如读数据、读删除数据、读磁道、写数据、写删除数据、扫描相等、扫描小于等于、扫描大于等于等命令)。其中指定参数命令没有执行阶段和结果阶段。磁头回0道命令和寻道命令没有结果阶段。读中断状态和读驱动状态没有执行阶段。除此之外的十种命令需经历三个阶段。八种数据传送和扫描类命令序列都需要九个字节，除命令码字节(第一字节)和第九字节不相同外，其它字节的格式、顺序及意义都一样。命令序列执行完毕在堆栈中形成的状态字节的个数是七个，顺序和格式都是一样的。读标识场命令和格式化一条磁道命令的结果阶段也和

表 4—4 命令摘要的记忆符

符 号	名 称	说 明	编程(16进制)
C	磁道号	表示当前要选中的圆柱号(0—39)	
D	数据图形	表示将要写入扇区的数据图形	格式化时 填入F6
DTL	数据长度	N=00时, 指明用户将要读/写扇区的数据字节数	FF
EOT	磁道末端	表示磁道上最后扇区号	8
GPL	间隔长度	表示间隔3的长度	格式化: 50 读写: 2A
H	磁头号	表示1D区中的磁头号“0”或“1”	
HDS	磁头选中	表示被选中的磁头号“0”或“1”在命令序列中H=HDS	
HLT	磁头加载时间	表示FDD磁头加载时间4~512mS, 以4ms 增量	01
HUT	磁头卸载时间	表示FDD读写结束后磁头卸载时间0~480mS, 以32mS递增	F
MT	多道操作	“1”时, 允许从同一磁道两面连续操作先0面后1面	
N	字节长度	写入扇区的数据字节长度N=00~11若N=10 字节长度为512B	02
NCN	新圆柱号	在寻道结束时, 磁道将到达的磁头位置	
ND	非DMA方式	工作在非DMA方式	
PCM	当前圆柱号	在完成检测中断状态命令时的磁头位置	
R	扇区号	读写的扇区号	
SC	扇区数	每道的扇区数	08
SK	跳步	跳过删除数据地址标志的扇区	
SRT	步进速率	FDD00步进速率2~32mS以2mS递增	C
ST3—ST0	状态3~0	在命令执行结束时存放状态信号能在结果阶段 读数。A0=1和主状态寄存器(A0=0)不会混淆	
STP	扫描测试	在检索操作期间STP=1相邻扇区数据和CPU或DMA的数据逐个比较, 若STP=2, 以交替扇区的数据进行比较	
US1, US0	台 选 择	表示驱动器台选择	

表 4—5 μ PD命令摘要

命 令	阶 段	字 节	数 据 总 线	说 明
			$D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2, D_1, D_0$	
读数据		1	MT MF SK 0 0 1 1 0	读数据命令码(46)
读删除数据		1	MF MK SF 0 1 1 0 0	读删除数据命令码(40)
写数据		1	MF MF 0 0 0 1 0 1	写数据命令码(45)
写删除数据		1	MF MF 0 0 1 0 0 1	写删除数据命令码(49)
读一条磁道		1	0 MF SK 0 0 0 1 0	读磁道命令码(42)
	命 令 阶 段	2	0 0 0 0 0 HDS US1 US0	磁道号和驱动器号
		3	— C —	磁道号
		4	— H —	磁头号
		5	— R —	扇区号
		6	— N —	字节长度
		7	— EOT —	磁道上最末扇区号
		8	— GPL —	间隔3的长度
		9	— DTL —	N=0时,指明区的数据字节数
	执行阶段			FDD和主系统间传送
	结 果 阶 段	1	— ST0 —	状态0°
		2	— ST1 —	状态1°
		3	— ST2 —	状态2°
		4	— C —	磁道号
		5	— H —	磁头号
		6	— R —	扇区号
		7	— N —	字节长度