

§ 7-2 数字磁记录

数字磁记录中每个记录单元记录的是一个二进制位，即“0”或“1”。一个字节需要8个记录单元。所以，同样记录密度下，同一记录设备的数字存储容量只有模拟记录的1/8，但是，数字记录的信息的信噪比、保真度远比模拟的高。特别是在现在的数字计算机盛行的时代，数字磁记录被广泛采用。

数字磁记录介质主要有磁带、磁鼓、磁盘和磁泡。

磁带：顺序存储设备，读取速度较慢，但容量大，主要应用在大型计算机系统的数据备份。

磁鼓：读取速度快，存储容量大，但体积较大，价格较高，携带不

方便，所以，主要应用在大型计算机系统中作为多用户的数据外存储设备。

磁盘：读取速度较快，体积较小，容量适中，在PC机上得到广泛应用。

磁泡：一种磁畴结构单元，可以实现记录和逻辑运算一体化，是一种新型、正在发展的磁记录设备。

下面主要介绍磁盘数字记录原理、编码、结构和读取等。

一、数字记录原理与记录编码方法

- 1、数字磁记录中使用正、反向饱和磁化状态来表示数字位“0”和“1”。

光电电子技术(26)

2、记录编码方法

数字位记录时采用的编码方法主要有两类：归零制（RZ）和非归零制（NRZ）。

1) 归零制数字磁记录。这种记录编码中，在两个记录位之间存在一个非磁化的间隔区（归零区），所以，记录密度较低，早期使用，目前已不使用了。记录的剩磁状态如图139所示。这种记录方式是自同步的，即读出时“0”和“1”能同时读出，正、负感应脉冲分别代表“1”和“0”。

2)、非归零制数字磁记录（NRZ）

NRZ记录又分为：逢“1”翻转、调频（FM）、调相（PM）、改进（MFM）、M²FM（双改进调频）、M³FM（三改进调频）

a)逢“1”翻转记录法

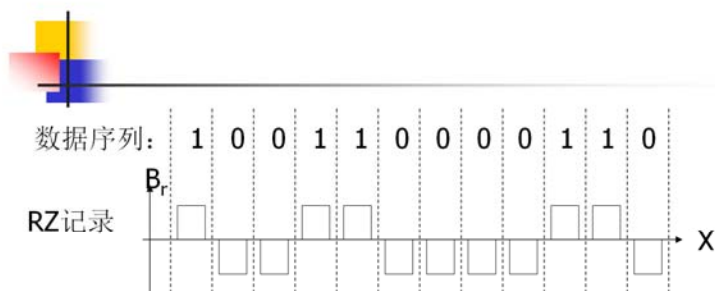


Fig.139 归零（RZ）数字磁记录

光电子技术(26)

这种数字记录方法中，磁头上总是施加正或反方向饱和磁化电流，遇到“1”，磁头饱和电流的方向就翻转一次，而遇到数字“0”，饱和磁化电流方向保持不变。记录状态如图140所示。这种记录方式只记录“1”，所以，在信息读出时，“0”必须依赖同步脉冲插入，而磁头读出的正、负脉冲均表示“1”。所以，这种记录方式是**非自同步**的，磁头电流的翻转次数比RZ记录减少。

b)、调频制（FM）记录

这种记录方法在位边沿处总是要翻转磁头的饱和电流方向，并且在位“1”的中心处还要再翻转电流一次。所以，每位平均翻转次数大于一。记录过程如图141所示。这相当于在“逢1翻转”的基础上叠加了同步信号，所以是**自同步**的。由于“1”和“0”的翻转次数不同，所以又称双频调制。

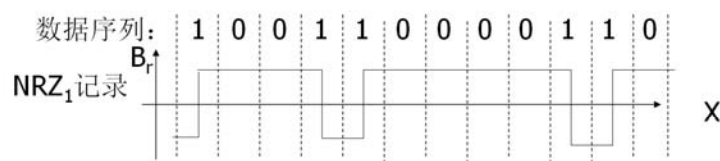


Fig.140 逢“1”翻转数字磁记录（NRZ₁）

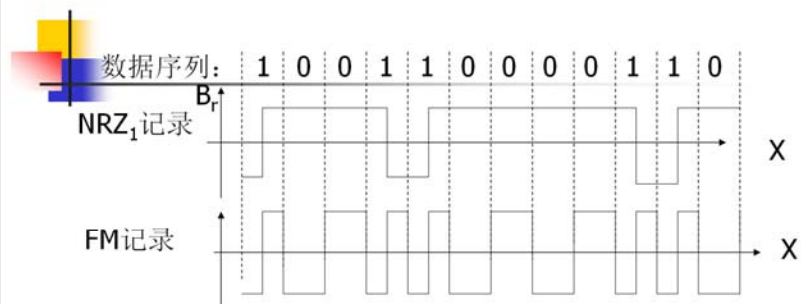


Fig.141 频率调制（FM）磁记录

光电子技术(26)

c)、相位调制（PM）磁记录

相位调制法记录中在位中心处总是发生饱和电流方向翻转，并且使用由负到正上升变化记录“1”，而用正到负的下降变化记录“0”。在位边缘处是否翻转电流，取决于后面的记录位的相位变化是否满足上述要求的变化方向。记录过程如图142所示。显然，当连续记录两个相同位时，为了使后一个位的电流变化方向满足要求，第一个位的边缘处必须翻转电流一次。这种记录方式也具有自同步能力。

d)、改进FM记录(MFM)

这种记录方法去掉了FM调制中的位“1”的边缘翻转，保留位“0”的边缘翻转，如图143所示。这种记录方法提高了编码效率，但不能自同步，需要外同步振荡信号。

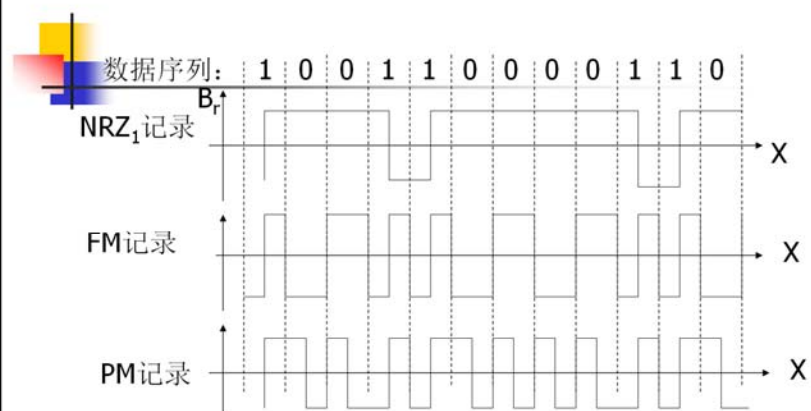


Fig.142 相位调制 (PM) 磁记录

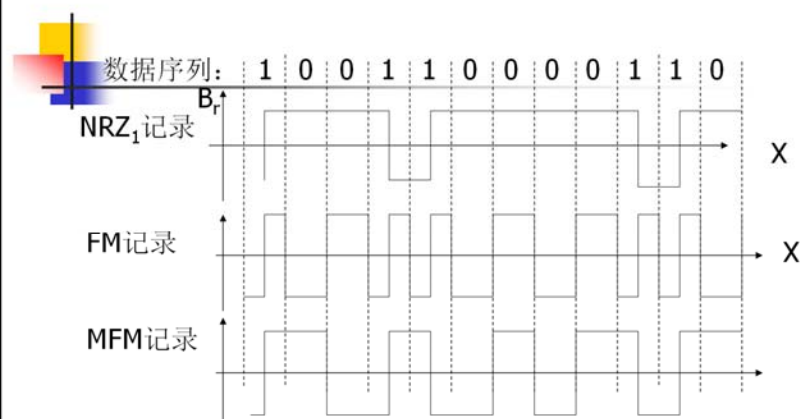


Fig.143 改进FM磁记录 (MFM)

光电子技术(26)

e)、改进型的改进调频制M²FM和M³FM

M²FM记录是对MFM的进一步改进，具体地是对MFM中连续多个“0”记录的改进。头两个“0”位元之间的边界处翻转，以后每两个“0”的边界处才可能发生翻转，如两个“0”后紧跟位“1”，则此两“0”位边界翻转退迟到“1”位中心处翻转。如图144所示。这种记录进一步提高了编码效率，但缺点是不能自同步，需要外同步振荡电路产生同步脉冲。

M³FM是对M²FM的位“1”记录的改进。当数字串中出现“0110”时，只在第一个“1”位中心处翻转，其余编码方式与M²FM相同。如图145所示，编码效率进一步提高，编码记录周期最小为1.5T。T为信号周期

二、磁盘组的结构

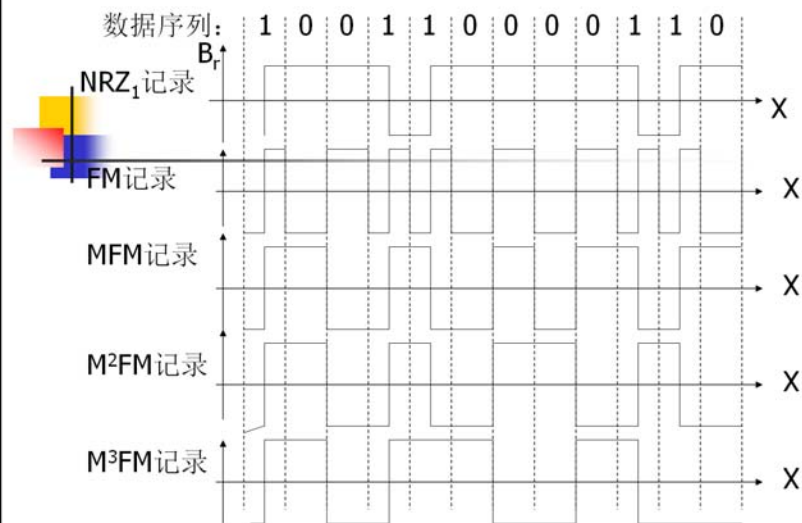


Fig.145 改进型M²FM的改进磁记录 (M³FM)

光电子技术(26)

磁盘组是由多片磁盘组成的，如目前的PC机硬盘。每片磁盘由圆形铝片两面涂胶体磁粉。这样每个磁片就有两个记录面。磁盘组由磁片、磁头、磁盘旋转驱动器和磁头定位驱动器组成。如图146所示。

磁盘片：它是数据记录介质，通常由多个磁片，固定在同一转轴上。

磁头：电磁转换元件，实现数据读、写。通常为多个，每个磁片面上有一个磁头，固定在同一臂上，由磁头定位驱动器驱动。

磁盘驱动器：由高速恒速电机组成，驱动磁片以3600-7200转/分的转速转动。

磁头定位器：它是线性精密移动装置，负责磁头精密定位在具体的磁道上。

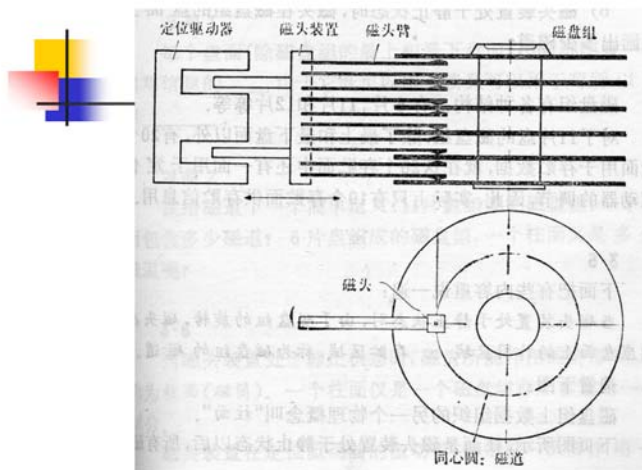


Fig.146 磁盘组结构



光电子技术(26)

磁头与记录介质表面之间保持亚微米-几十纳米的距离，此距离依靠空气动力学实现。磁头就象一架飞机，当磁盘高速旋转时，产生高速气流，磁头被浮起，通过控制固定磁头臂上的弹性压力，使磁头浮在离表面几十纳米的距离。

三、磁盘组织与管理

1、磁道与柱面

当磁盘高速旋转时，磁头固定不动时，读、写的位置为一个同心圆，称为磁道。

多个磁片上的同一磁道组成的面称为柱面。

磁道和柱面被依次编号，称为索引值。与磁头编号一起，组成一组索引值，用于准确定位磁头在磁片表面上的位置。如索引值(200,5)



光电子技术(26)

表示第200个柱面上第5号磁头。

2、磁盘记录面

磁盘组中，通常最外的两个面不使用，所以， n 片磁盘组具有 $2n-2$ 个记录面和磁头。其中还有一个记录面用于记录定位信息，所以，实际的数据记录面只有 $2n-3$ 个。

四、数据组织

数据组织通常指磁道内的数据存放，即磁道格式。为了提高读写速度，一块数据尽量写在同一柱面上，因为在同一柱面上，所有磁头都精密定位，只需要更换磁头编号。反之，若不在同一柱面上，则必须重新定位磁头组到新的柱面上，需要花费时间。



光电子技术(26)

1、磁道的起始标志

磁道是盘面上的同心圆轨道，如何确定磁道的开始和结束？

在磁盘组最下面的一张磁片上装有一个周圈稍大的起始标志盘，盘缘上有一个约2毫米宽的缺口，称为磁道起始标志。当盘旋转时，缺口扫过光束时，会让光通过，产生光脉冲。脉冲的**前沿**作为磁道的**结束标志**，而后沿作为磁道的**起始标志**。

2、块和块间隙

同一磁道上的数据，并不是为每个数据位精确定位的，也即不可能随机访问磁道上的任何数据位。通常在磁道上的数据分成多个块，块之间有间隙，称为块间隙。每个数据块的初始位置可以精确定位和随机访问。**数据块是存储器与中央处理机之间进行数据交换的**

⏮ ⏪ ⏩ ⏭



光电子技术(26)

最小单位。

3、磁道数据结构

磁道被分成许多段，每段记录一个数据块。记录一个数据块的磁道段，又称扇区。

4、数据块结构

数据块有如下两种结构：

- 1) 由标址场和数据场组成，在两个场之间又有间隔。标址场保存数据块的物理地址，如柱面号、磁头号、磁道内的块序号。
- 2) 由标址场、键码场和数据场组成。各场之间仍有间隔。



光电子技术(26)

标址场结构:

F	C	C	H	H	R	KL	DL	DL	CC/ECC
---	---	---	---	---	---	----	----	----	--------

F: 标识符, 一个字节, 表示磁道是否完好, 是正常或备用磁道。

C: 柱面号, 两个字节。

H: 磁头号, 两个字节。

R: 数据块号, 一个字节, 即磁道内数据块的编号。

KL: 键码长度, 一个字节, 表示键码场的字节数。若无键码场, KL=0

DL: 数据场的长度, 两个字节, 表示数据场的字节数。

CC: 循环校验码, 两字节, 用于数据保险的控制代码。



光电子技术(26)

ECC: 误差校正码, 七个字节, 用于数据保险的控制代码。

键码场: 标识数据场的长度。如果数据场字节数不大于64K, 则直接由标址场中的DL两字节位标识。反之, 如数据场字节数大于64K两字节长度标识不了, 则需要键码场来标识。键码场的字节数由标址场中的KL单字节标识, 可以长到255个字节。(最大数据包16MB)

五、数据的读写

数据读写涉及三个过程: 定位、查找和读写

定位: 就是盘控制器接收到读写命令后, 根据命令中标址场中柱面号、磁头号, 将指定号码的读写磁头定位到所要的柱面。



光电子技术(26)

磁头定位的速度决定了数据读写的时间，而磁头定位的精度，决定了磁盘的容量。只有定位精度高，才可能把柱面做密。

寻找：当磁头被定位到所要的磁道上后，通过寻找命令查找所要读写的数据块。磁头会依次读所有标址场信息，直到寻找到所要读写的标址场。

读写：一旦发现所要读写的标址场，读写命令会立即执行，在紧随其后的数据场中读写数据。标址场和数据场之间留有间隙场，目的就是留一个比较判断时间，当从标址场数据判断找到了所要的数据场时，磁头还未飞过要读写的数据场，可以立即开始读写。反之，若不留间隙场，等判断完找到了所要的读写场时，磁头已飞过紧随标址场后的数据场，来不及读写。



复习要点

- 1、数字磁记录介质的主要类型？
- 2、数字磁记录原理与编码记录方法？
- 3、磁盘系统的结构？
- 4、磁道、柱面，地址块、数据块，标址场、数据场？
- 5、数据的读写过程？



作业26

- 1、数字磁记录与模拟磁记录的优缺点？
- 2、一个磁盘组，由11张磁片组成，每个磁盘有800磁道，问：
 - (1) 磁盘组有多少个柱面、多少个磁头、？
 - (2) 若每个磁道可记录2Mbit，磁盘组的总容量是多少位？