

磁盘机 原理与维修

李世荣 金晓玲 俞小军 编著
钱基广 审



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

TP333.3
L34

389743

磁盘机原理与维修

李世荣 金晓玲 俞小军 编著
钱基广 审

电子工业出版社

内 容 简 介

本书共分三篇,内容包括硬盘机(硬盘驱动器)、软盘机(软盘驱动器)及它们的相关基础知识。第一篇,概述,包括磁记录基本知识及磁盘机关键零部件共两章;第二篇,软盘机,包括软盘机原理、常用软盘机介绍及软盘机的使用和维修共三章;第三篇,硬盘机,包括硬盘机原理、硬盘机接口、HH1050 硬盘机、硬盘机的使用与维修及硬盘机维修实例共五章。

本书是计算机维修培训班磁盘机教学的好教材,也可供有关专业的科研人员及大专院校师生参考。

JS186/03

磁盘机原理与维修

李世荣 金晓玲 俞小军 编著

钱基广 审

责任编辑:张赞宏(特约) 应月燕

*

电子工业出版社出版

北京市海淀区万寿路 173 信箱(100036)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

电子工业出版社计算机排版室排版

北京大中印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:10 字数:256 千字

1996 年 6 月第一版 1996 年 6 月北京第一次印刷

印数:6000 册 定价:15.00 元

ISBN 7-5053-3528-6/TP·1424

编者的话

随着微型电子计算机不断的发展,计算机应用也遍及国民经济各个领域,在各个领域中的用户迫切要求了解微机,特别是微机的关键外部设备——磁盘机。为了帮助用户对磁盘机有一个深入系统的了解,我们编写了本书。

《磁盘机原理与维修》包括硬盘机(硬盘驱动器)、软盘机(软盘驱动器)及它们的相关基础知识;从内容上力求理论联系实际,简明、扼要、系统地阐述了磁盘机(硬盘机、软盘机)原理,维修方法,维修实例。因而,本书较为适合磁盘机教学,维修人员使用,也是维修培训班磁盘机教学的好教材;也可供磁盘机研究人员参考。

本书共分三篇,第一篇,概述;第二篇,软盘机;第三篇,硬盘机。其中:第一篇,第二篇第三章第一节、第二节,第三篇第一章,第三章,第四章由中磁公司高级工程师李世荣编写;第二篇第一章、第二章,第三章第三节由中磁公司工程师金晓玲编写;第三篇第一章第二节六、七小节及第二章由中磁公司工程师俞小军编写。

全书由中磁公司总工程师钱基广审阅。

中磁公司韦志勇,宋付林等同志提供了部分实例。

参加编写工作的还有吴厚响、吕音、黄旭晨。对以上同志的帮助一并致谢。

由于技术发展日新月异,计算机等高科技领域更是突飞猛进,加之编者的水平和条件限制,书中错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

李世荣
一九九五年

目 录

第一篇 概 述

第一章 磁记录基本知识	(3)
第一节 磁记录方式	(3)
一、不归零制	(3)
二、FM 制(调频制)	(3)
三、MFM 制(改进调频制)	(4)
四、 M^2 FM 制(改进改进调频制)	(5)
五、成组编码记录方式 GCR(GROUP-CODED RECORDING)	(6)
六、2,7RLL 制编码	(7)
第二节 磁记录的基本参数	(7)
一、存储密度	(7)
二、存储容量	(8)
三、平均存取时间	(8)
四、数据传输率	(8)
五、检读时间余量	(8)
六、分辨率	(8)
七、误码率	(9)
第二章 磁盘机关键零部件	(10)
第一节 主轴电机	(10)
第二节 磁头驱动电机	(11)
一、步进电机	(11)
二、音圈电机	(12)
三、直流力矩电机	(13)
第三节 磁头	(13)
一、磁头的组成	(13)
二、磁头的分类	(14)
三、磁头安装及传动机构	(14)
第四节 盘片	(15)
一、软盘片	(15)
二、硬盘片	(19)
第五节 专用芯片	(20)

第二篇 软 盘 机

第一章 软盘机原理	(25)
-----------------	------

第一节 概述	(25)
第二节 软盘机分类和软盘机接口	(26)
一、软盘机分类	(26)
二、软盘机接口	(27)
第三节 软盘机结构	(30)
一、底座、上仓、下仓部件	(31)
二、缓冲器	(31)
三、磁头定位机构	(31)
四、磁头加载机构	(32)
五、盘片驱动机构	(33)
第四节 软盘机电路原理	(34)
一、盘选择电路与选头电路	(34)
二、写入电路	(35)
三、读出电路	(37)
四、磁头定位控制电路	(39)
五、主轴电机伺服电路	(40)
六、状态检测电路	(41)
第二章 常用软盘机介绍	(45)
第一节 FD-55 型软盘机介绍	(46)
第二节 MD-21 型 3.5 英寸软盘机介绍	(49)
第三章 软盘机的使用和维修	(54)
第一节 使用维护的基本知识	(54)
一、环境	(54)
二、注意事项	(54)
第二节 软盘机的维修方法	(54)
一、加电自检法	(54)
二、DOS 外部命令法	(55)
三、程序诊断法	(55)
四、自编软件法	(55)
五、专用仪器法	(57)
第三节 5.25 英寸软盘机维修举例	(57)
一、稳速电路故障	(57)
二、磁头小车定位故障	(58)
三、读/写电路故障	(58)
四、互换性调整	(59)
第四节 3.5 英寸软盘机的维修及故障举例	(61)
一、读/写电路故障	(61)
二、磁头定位故障	(62)
三、互换性不好	(63)

第三篇 硬 盘 机

第一章 硬盘机原理	(67)
-----------	------

第一节 硬盘机的组成和分类	(67)
一、硬盘机组成	(67)
二、硬盘机分类	(68)
第二节 磁头定位系统	(69)
一、磁头定位原理	(69)
二、开环定位系统	(69)
三、闭环定位系统	(70)
四、半闭环定位系统	(71)
五、面伺服定位系统	(72)
六、嵌入式伺服方式定位系统	(77)
七、嵌入式自动温度补偿(ETC)	(83)
第三节 主轴稳速系统	(85)
第四节 硬盘机读/写系统	(86)
一、写入电路	(86)
二、读出电路	(87)
第二章 硬盘机接口	(89)
第一节 概述	(89)
第二节 AT 接口	(89)
一、接口信号及脚号介绍	(89)
二、寄存器说明	(91)
第三节 SCSI 接口	(95)
一、信号定义及说明	(96)
二、SCSI 的阶段(PHASE)	(98)
三、SCSI 命令执行举例	(100)
第四节 ESDI 接口	(102)
一、控制输入信号线	(104)
二、控制输出信号线	(106)
三、数据传输信号线	(109)
第五节 ST506 接口	(109)
第三章 HH1050 硬盘机	(113)
第一节 概述	(113)
一、技术参数	(113)
二、组成原理框图	(113)
第二节 主轴电机稳速系统	(114)
第三节 磁头定位伺服系统	(115)
一、伺服面及伺服信号	(116)
二、伺服信号形成电路	(118)
三、音圈电机控制电路	(119)
四、磁头锁定电路	(120)
第四节 读/写系统	(120)
一、组成框图	(120)
二、从盘上读出的数据信号波形	(122)
第四章 硬盘机的使用与维修	(123)
第一节 硬盘机的使用	(123)

一、使用环境要求	(123)
二、使用注意事项	(123)
三、怎样使用硬盘机	(123)
第二节 硬盘机的维修方法	(124)
一、加电自检法	(124)
二、DOS 命令, BIOS 诊断法	(125)
三、程序诊断法	(126)
四、自编软件法	(127)
五、专用仪器法	(127)
第五章 硬盘机维修举例	(129)
1. HH1050 加电后主轴电机不转	(129)
2. HH1050 电机到速后盘停转	(129)
3. HH1050 硬盘机不能做 FDISK, 联不上主机	(130)
4. ST-225, 20MB 硬盘机加电后不走步	(130)
5. HH725 硬盘机开机几分钟后停转	(132)
6. M3650 硬盘机可做低级格式化, 但不能做 FDISK、FORMAT C:/S 格式化	(133)
7. CP30104H 3.5 英寸 120MB 硬盘机不能装入 DOS 操作系统	(134)
8. 开机后, CRT 屏幕上显示“INVALID DRIVE SPECIFICATION”	(134)
9. 硬盘机 C 在引导 DOS 操作系统后工作不正常	(135)
10. 在一台 IBM-PC/XT 微机系统中, 用 FORMAT 对 ST-412 硬盘机进行格式化时, CRT 上显示 00 磁道坏, 格式化失败信息	(135)
11. ST-225 硬盘机加电后发出“哒哒哒”声	(136)
12. HH-1050 硬盘机停转	(137)
13. HH-1050 硬盘机在联机时出现读错(FDISK 分区错)	(138)
14. GW0520A CRT 上显示 1701 错	(139)
15. CM-6426 硬盘机屏幕上显示“1790-DISK 0 ERROR”故障	(139)
16. ST-251、40MB 硬盘机加电后发现硬盘主轴转得很慢, 并且伴随“吱吱”声	(140)
17. ST-251、40MB 硬盘机加电后, 发现盘内发出“嚓嚓声”或转不动	(140)
18. ST-251, 第 2 头格式化时连续提示出错	(140)
19. ST-251 初始化工作正常, 分区式 DM 分区提示出错	(140)
附录 A MD-21 型软盘机电原理图	(141)
附录 B FD-55 型软盘机电路图	(143)
附录 C HH1050 硬盘机 SERVO ACCESS CONTROL 电原理图	(144)
附录 D HH1050 硬盘机 INTERFACE CONTROL 电原理图	(146)

第一篇 概 述

第一章 磁记录基本知识

第一节 磁记录方式

为了提高磁盘机的存储密度,有效地利用磁盘机的物理空间,在磁盘机的生产中特别重视和研究数据编码技术。将原始的、要记录的数据序列变换成满足一定条件的记录序列方法叫做磁记录方式。在磁盘机中采用的记录方式有:不归零制、调频制 FM、改进调频制 MFM、改进改进调频制 M^2FM 、成组编码 GCR、2.7RLL 制编码等。下面分别介绍这几种编码的特点和方法。

一、不归零制

有两种不归零制编码。一种是见信息 1 和信息 0 都翻,即见信息 1 时,磁层正向翻转;见信息 0 时,磁层反向翻转(见图 1-1-1)。另一种只见信息 1 翻,即见信息 1 时,磁层翻转;见信息 0 时不翻转,保持原来状态(见图 1-1-2)。这种记录方式是没有自同步能力。所谓自同步能力,是指从单个磁道读出脉冲序列中提取同步时钟脉冲的难易程度,时钟脉冲的间隔是判读信息 1 或信息 0 的时间量,称为数据窗口。

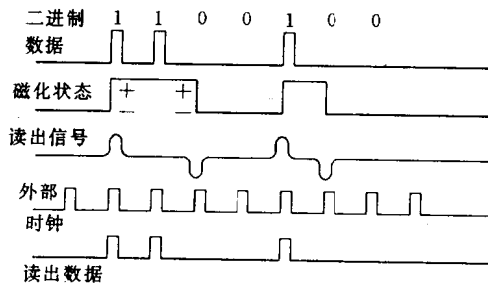


图 1-1-1 见信息 1、0 都翻的不归零制

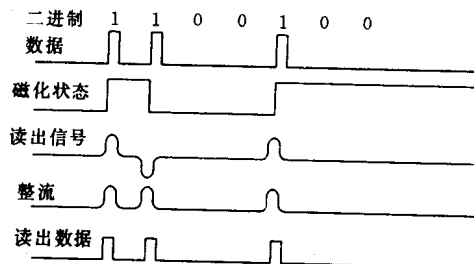


图 1-1-2 见信息 1 翻不归零制

图 1-1-2 中是见信息 1 就翻不归零制,在读出时,数据 1 有读出脉冲信号,数据 0 无读出脉冲信号。当连续读 1 时,脉冲信号的极性是正负交替的。因此应将负脉冲倒相为正脉冲,使所有的读 1 信号均为正脉冲信号。在记录一串 0 后读出时,需用外部时钟信号测量没有脉冲的时间间隔内包含多少个 0。可能因磁盘转速变化,外部时钟频率的变化使测量带来错误,因而仍无自同步的能力。

二、FM 制(调频制)

FM 制特点:

- (1)在每一个位单元的开始处写上时钟位。
- (2)数据位在位单元的中央。

下面以数据 11010001 为例说明各种记录方式。

图 1-1-3 所示是 FM 制的一个位单元,它由时钟和数据位单位构成。图 1-1-4 所示是数据和时钟的关系,图 1-1-5 示出 FM 调频制记录方式波形。FM 制具有以下四个优点:

- (1)读出数据中有自同步脉冲,这就叫有自同步能力。
- (2)由于磁化翻转间隔的最大 $2T$ 与最小 T 之比小,所以整个写入和读出系统需要的频带较窄。
- (3)因为表面的磁化状态总是由写头的电流来达到饱和,所以写入前不需要预先抹去以前的信息。
- (4)所有的数据转换成磁化状态(脉冲信号)是均匀分布的,因此峰值偏移较小。

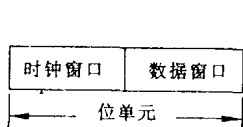


图 1-1-3 MF 制数据窗口

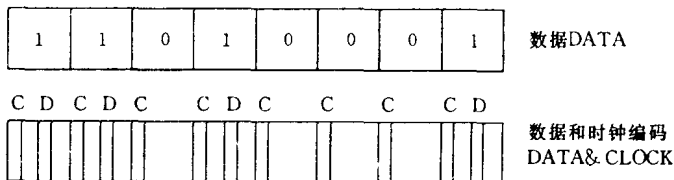


图 1-1-4 数据和时钟关系图

注: C(CLOCK)——时钟, D(DATA)——数据

FM 调频制缺点:

- (1)磁通翻转频率较高,影响了存储密度。
- (2)需要复杂的读/写电路。
- (3)在进行高位密度读出时,信号幅度有较大变化。
- (4)FM 制的编码效率,因为对应一位数据位,至少要有一次翻转,或者说,每一个位单元里必定有一位非数据位的时钟位,故 FM 制的编码效率为 50%。

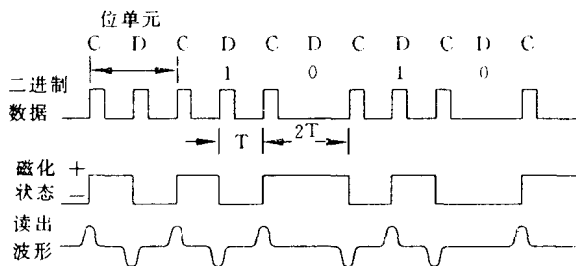


图 1-1-5 FM 调频制记录方式波形

三、MFM 制(改进调频制)

MFM 制特点有:

- (1)只有在前一个位单元及目前一个位单元中都是零时,才写入时钟;
- (2)数据位在位单元的中央;
- (3)如果目前位单元为零,并且前一个位单元也是零时,则时钟被写在位单元的开头。

在图 1-1-6 中,用编码 110100 为例说明其特点。

MFM 改进调频制有下列优缺点:

- (1)仅当连续出现两个 0 时,才在第二个零的位单元的前沿插入时钟,因而减少了磁道翻转次数,提高了记录密度;

- (2)FM 制只有 T 、 $2T$ 两种频率,称为倍频制,而 MFM 有 T 、 $1.5T$ 、 $2T$ 三种频率,称为三频制;

这样不是每个位单元都有时钟,故读写电路较复杂;

(3)对于给定的二进制数所需要的磁化翻转少,所以记录频率较低,其信噪比、幅值分辨力都得到了改善和提高;

(4)由于有自同步能力,因此读出信息中不必有单独的时钟通道;

(5)由于编码不匀称峰值偏移将增加,与 FM 制相比,信道要求较宽,因此需在控制器或磁盘机中增加预补偿线路,以补偿峰值偏移;

(6)MFM 制的编码效率为 100%。

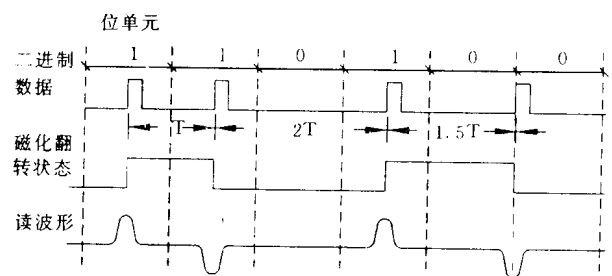


图 1-1-6 MFM 编码波形

四、M²FM 制(改进改进调频制)

M²FM 制同 MFM 制类似,不同的是在连续两个位单元数据并且前一个位单元无时钟时才加入一个时钟。连续三个数据位单元之间无数据时,MFM 必须加入两个时钟,而 M²FM 只加入一个时钟。

(1)前一个位单元没有数据位或是时钟位时写入一个时钟。

(2)目前位单元无数据位,写入时钟。图 1-1-7 和图 1-1-8 是 M²FM 制,数码 11010001 编码举例和编码波形。

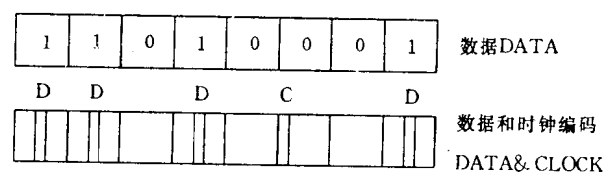


图 1-1-7 M²FM 编码举例

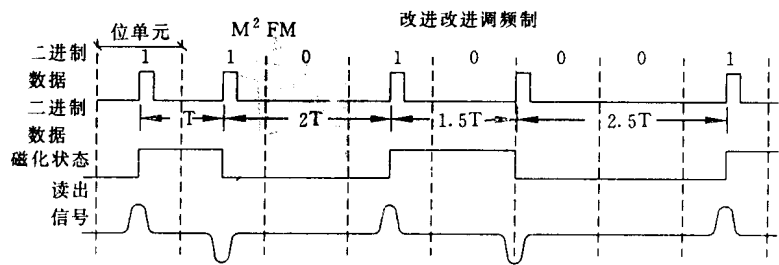


图 1-1-8 M²FM 编码波形

优点:

- (1)表示一个给定二进数磁通翻转次数比 FM 和 MFM 均减少,因而可以提高记录密度;
- (2)因为磁介质上时钟脉冲比 MFM 时钟间隔长,时钟脉冲的峰值偏移比 MFM 制小;
- (3)由于磁通翻转次数减少,因而降低了记录频率,提高了信噪比和读出分辨率。

缺点:

- (1)因为不是每个单元都有时钟脉冲,因而读/写电路复杂;
- (2)由于编码的不匀称性,峰值偏移增加。与 FM 相比通频带较宽。因此,在控制器或磁盘机电路中需增加预补偿电路以减少峰值漂移。

五、成组编码记录方式 GCR(GROUP-CODED RECORDING)

图 1-1-9 为成组编码举例,成组编码列于表 1-1-1。

表 1-1-1 成组编码表

十六进制	4BIT	GCR(5BIT)
0	0000	11001
1	0001	11011
2	0010	10010
3	0011	10011
4	0100	11101
5	0101	10101
6	0110	10110
7	0111	10111
8	1000	11010
9	1001	01001
A	1010	01010
B	1011	01011
C	1100	11110
D	1101	01101
E	1110	01110
F	1111	01111

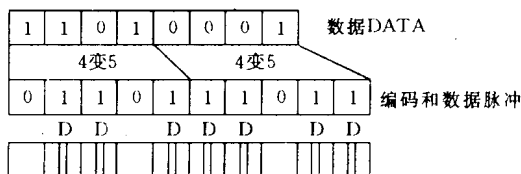


图 1-1-9 成组编码举例

表 1-1-2 2.7 RLL 编码规则

二进制	2.7 RLL 码
11	1000
10	0100
000	100100
001	001000
010	000100
0110	00100100
0111	00001000

六、2.7RLL 制编码

2.7RLL 码规定,在记录序列中,两个 1 之间至少有二个 0,最多七个 0。其编码规则列于表 1-1-2。例如一个十六进制 7B,它的二进制码为 01111011。按表 1-1-2 规则,对应的 2.7RLL 码为 0000100001001000。

RLL 制优点为:

RLL 编码限制了两次翻转之间最小和最大距离,因而提高了每英寸允许翻转次数。以 2.7RLL 为例,在同样的磁通翻转密度情况下,比 MFM 制容量提高 50%。

在磁盘机中 RLL、MFM 两种编码,广泛被采用,因为两种记录方式都有较好的自同步能力。在同样的磁通翻转下 2.7RLL 码比 MFM 制可提高记录容量 50%,2.7RLL 码是 MFM 制数据传输率的 1.5 倍。

第二节 磁记录的基本参数

一、存储密度

1. 道密度

道密度为磁盘径向单位长度的磁道数,计算式为

$$D_t = 1/(W + G) \quad (1-1-1)$$

式中 D_t ——道密度(道/毫米或道/英寸,记为 TPM 或 TPI);

W ——磁头铁芯厚度(毫米或英寸);

G ——道间距(毫米或英寸)。

2. 位密度

位密度为单位长度上所记录的二进制数码的位数,计算式为

$$D_b = FT/(D_{min} \pi) \quad (1-1-2)$$

式中 D_b ——位密度(位/毫米或位/英寸,记为 BPM 或 BPI);

F ——数码脉冲频率(Hz);

T ——磁盘每转所需时间(s);

D_{min} ——最内圈磁道直径(毫米或英寸)。

二、存储容量

能存储的数码总数称为存储容量,以位数或字节数计,计算式为

$$C_D = F(T - \Delta T)MN \quad (1-1-3)$$

式中 C_D ——能存储的数码总数(位或字节);

F ——数码脉冲频率(位/秒);

T ——磁盘每转所需时间(秒);

ΔT ——磁头通过空白区花费的时间(秒);

M ——记录盘面数;

N ——每面磁道数。

式(1-1-3)是假定脉冲频率在整个磁盘的各个磁道上都相同的情况下得到的,空白区时间通常取 t 的 4% ~ 8%。这样式(1-1-3)可写为

$$C_D = 0.94FTMN \quad (1-1-4)$$

三、平均存取时间

磁头从起始位置到达所要求的某一位置,并完成写入或者读出所需要的全部时间为

$$T_a = [(T_s + T_w)_{\min} + (T_s + T_w)_{\max}] / 2 \quad (1-1-5)$$

式中 T_a ——平均存取时间(ms);

T_s ——磁头定位时间(ms);

T_w ——磁头读或写等待时间(ms)。

四、数据传输率

单位时间内磁盘机向主机内存传送数码的位数或字节数称为数据传输率。

磁盘机数据传输率: $D_b \cdot V$ (位/秒或字节/秒)

数据传输率正比于位密度 D_b 与盘面内圈线速度 V ,通常以兆位/秒或兆字节/秒表示。记为: Mb/s 或 MB/s。

五、检读时间余量

如用峰值检测,可用检读窗口宽度 T_w 表征检读分辨力。时钟间隔是判断 0 或 1 的时间基准,称为检读窗口宽度,它的值取决于用何种编码方式。其计算式为

$$T_w = (m/n)T_o \quad (1-1-6)$$

式中 m ——编码前数据序列位数;

n ——为编码后的位数;

T_o ——记录序列周期。

以检读窗口宽度 T_w 与最大峰值偏移量之差定义为检读时间余量。

六、分辨率

以 FM 制记录为例,全 0 信号频率 1F,全 1 信号频率 2F,其分辨率为

$$\text{分辨率} = 2F \text{ 幅度} / (1F \text{ 幅度} \times 100\%)$$

$$\text{即 分辨率} = \text{读 1 幅度} / (\text{读 0 幅度} \times 100\%)$$

由于脉冲拥挤效应,即读 1 幅度要低于读 0 幅度。

七、误码率

误码率为磁盘机与主机连续传输数据中出现错误位的比率,分硬出错率和软出错率。

软出错率(重读可以克服的)为 10^{-9} (5.25 英寸软盘)。

硬出错率为 10^{-12} (以双面 500KB 5.25 英寸软盘为例)。