

IBM PC/XT
维修丛书



硬盘子系统原理和维修

《计算机科学技术与应用》编辑部

温盘子系统的原理和维修

· 历浙涛

第一章 温盘驱动器

一、概 述

温盘驱动器(简称温盘)的推出,标志着磁存贮技术水平大大提高了一步。温彻斯特(Winchester)技术在许多方面不同于传统的盒式磁盘驱动器和软盘驱动器,它采用了头、盘密封装置。使用单片微机作为整机工作的智能控制,并有自诊能力;同时采用了技术水平较高的头、盘、电机等元器件,提高了工作精度;为了降低成本,有些小温盘采用步进电机作为磁头定位的驱动部件,现在有许多小温盘对步进电机还采用了闭环控制,以弥补开环系统定位精度的不足;一些温盘采用了伺服盘,以取出位置信息提高了定位精度;目前温盘已成为具有很好价格/性能/容量比的产品,特别是驱动器本身具有判错、纠错自诊断能力,整机工作性能更趋完善。

温盘的推出不过几年时间,由于它具有体积小、容量大、对使用环境要求不高等优点,使之在微机系统中得到了普遍的使用,受到了用户青睐。温盘的品种较多,存贮容量从5—400兆字节,外型尺寸有半高、全高多种形式。世界上生产温盘的厂有几十家,国内使用的温盘也有十几种型号。尽管温盘型号各异,但小温盘目前一般都采用标准的工业接口——ST506,它由Seagate公司首先推出,具有5兆位/秒的数据传输率,该控制器配带具有85毫秒存取时间的温盘,完全可满足单用户系统的使用需要。控制器是保证主机与磁盘之间正确交换数据的重要界面电路,为了满足多用户系统存贮信息的需要,希望控制器和驱动器能适应更高的平均存取时间和数据传输率。目前,具有较高数据传输率的控制器也已问世,如ESDI接口,它支持的驱动器的平均存取时间可达25毫秒。一般来说,人们按照温盘所具有性能,将其分为二类见表1。

表 1 温盘特性分类

特 性	第 一 类	第 二 类
盘 片	(氧化铁磁涂层盘)甩胶盘	镀 盘
磁 头	3350水平	3380水平
伺 服 方 式	开 环	闭 环
平均存取时间	85ms	<50ms
容 量	10~50MB	达到330MB
盘 片 数	小于4片	多达8片

在PC/XT及兼容微机上,采用5¼吋温盘作为主要的外存贮设备,这类微机通常安

装的是10MB(兆字节)容量的温盘,现在也有扩充使用20MB容量的温盘的微机。10MB温盘的型号比较多,但由于技术水平相当,它们的实现电路基本相同,按照外型尺寸分为全高、半高二种,一般都装有二片硬盘片,共四个数据读写磁头,其关键特征为:

- 非格式化容量12.7兆字节,格式化容量10.4兆字节(17扇区)。
- 采用头、盘密封的温彻斯特技术。
- 有与标准半高度或全高度软盘相同的安装尺寸。
- 采用软盘常用的+5V、+12V二路直流电源。
- 有常速和快速二种寻找工作方式。
- 盘片上备有“搬运区”供驱动器运输、搬动时停放磁头。
- 采用了直流无刷主轴驱动电机。
- 采用了单片微处理机控制电路。
- 靠近磁头装有读/写前置放大器。(少数放在主印制板上)

图1-1是一种全高型温盘,头、盘被密封在一个金属腔体内,安装在下部的是盘控印制电路板组件。下面将对这类小容量温盘作详细介绍。

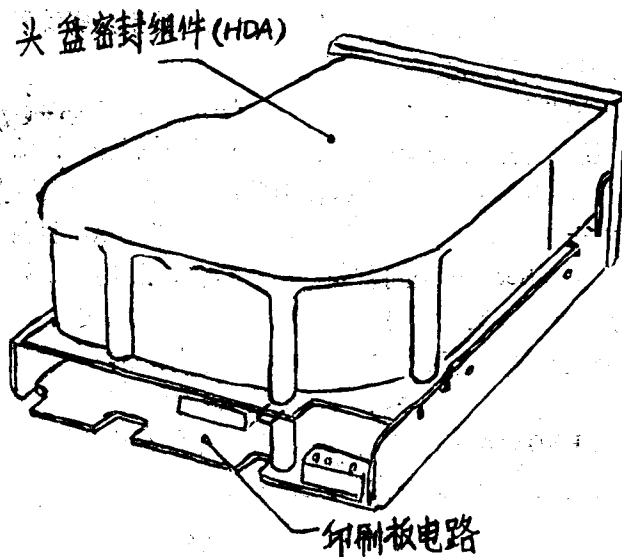


图 5.25 吋全高温盘驱动器

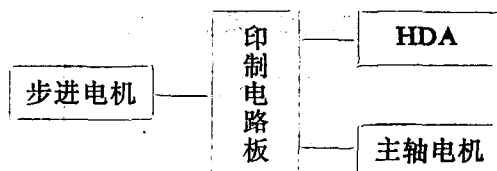


图 1-2 主要部件联接

二、温盘的结构特点及其电路分析

1. 整机框图及其单元电路简介

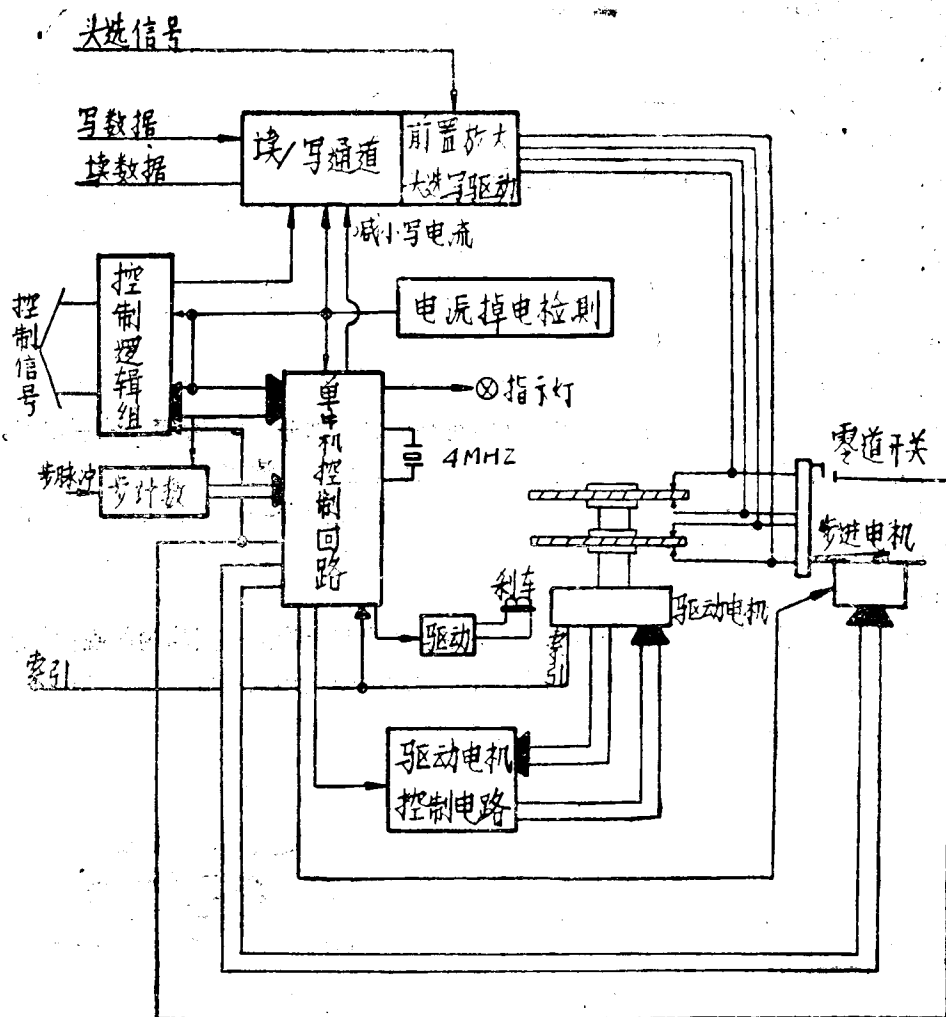


图 1—3 整机功能框图

温盘一般可拆分成相互独立的四部分，(见图 1—2)利用电缆和接插件将它们内部的电路联接起来。在有的温盘上，由于驱动电机的稳速控制电路单独安排在一块小印制板上，这样整机便可分解成五部分了。

整机功能图见图 1—3。

温盘由读/写和控制电路、读/写磁头、磁头定位机构、盘片、空气过滤系统几部分组成，它执行下述功能：

- 组合并产生控制信号
- 将磁头定在指定的磁道上
- 读/写数据
- 提供了洁净的盘腔工作环境

单片机和电路元器件都被装在一块印刷电路板上。由于采用了单片机。主要的控制用软件模块都被固化在单片机内部的 ROM 中了。按照它们所执行的功能，主要可分为

下列单元电路和功能模块。

- a. 索引信号产生电路
- b. 磁头定位驱动电路
- c. 读/写放大器
- d. 直流无刷驱动电机加速、稳速电路
- e. 驱动器设备选中电路
- f. 写故障检测电路
- g. 读/写磁头选择电路
- h. 00 道指示电路

2. 读、写操作

简单地说，温盘整机电路部分按其功能可分成二大部分，即读/写和控制电路。整个读、写部分是温盘中最重要的一环之一，它由磁头、盘片、读放大电路、写驱动电路等几部分组成。读、写电路的设计指标与所用的头、盘性能及编码方式有关，所以说整个读、写部分是一个相互关联的整体。

(1) 盘片与磁头

盘片是温盘用以存贮信息的媒体，它是在金属片基上涂上一层均匀的磁性材料制造而成的。记录信息时利用不同方向的电流，可在盘片上磁化形成相应的小磁性位元，作为数据记录的标志，见图 1—4。

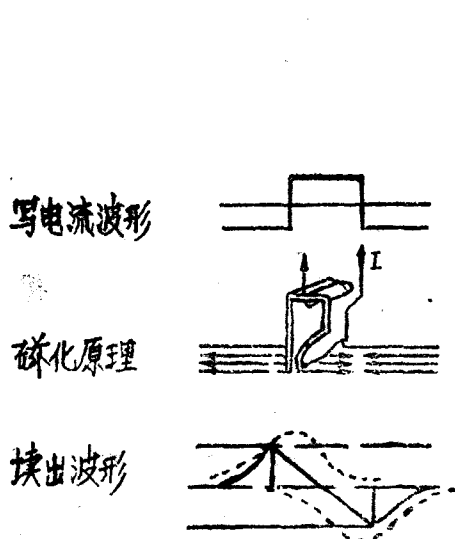
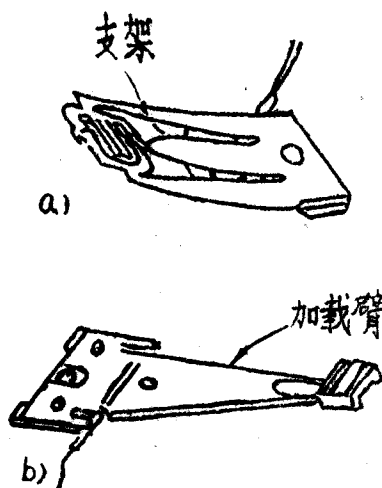


图 1—4 磁记录原理



a) 温彻斯特型 b) 威特尼型

图 1—5 温盘磁头

温盘一般采用用胶盘盘片的基片材料采用铝镁合金，要求材料组织致密、变形小，线膨胀系数为 $(24 \pm 2) \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。磁层材料采用 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 磁胶或 Ni-Co-P 材料，要求磁性材料矫顽力 H_C 高、矩形比大、有较高的剩余磁化强度，能保存 20 年时间。为了减少头、盘之间的磨擦，克服粘滞效应，在盘片表面涂有一层润滑剂和保护层。在装配盘片到主轴上时，要考虑动平衡，尽量减少主轴转动时引起的盘片偏摆。

温盘的磁头通常采用二种形式，即温彻斯特和威特尼(Whitney)的结构形式，见图 1—5。后者头块小臂薄而轻，因此得到了广泛的使用(特别在半高的温盘中)。磁头块大多

采用 Mn—Zn 材料。当主轴电机正常运转时，利用磁头与盘片相对运动形成的空气垫，使磁头飞离盘片表面，盘片里区磁头的浮动高度约为 0.4 微米。由于飞行高度低，可改善读出信号的信噪比，提高信号读出幅度，盘片内区最小读出幅度约为 0.8 毫伏。温盘启/停时，头、盘是接触式的，磁头静止加载力约为 0.9 克。在搬运温盘时，为了避免磁头与盘片之间的撞击造成数据区损坏，一般在不用或搬动时，用户可使用软件将磁头退至磁道区内，即“搬运区”。见图 1—6。

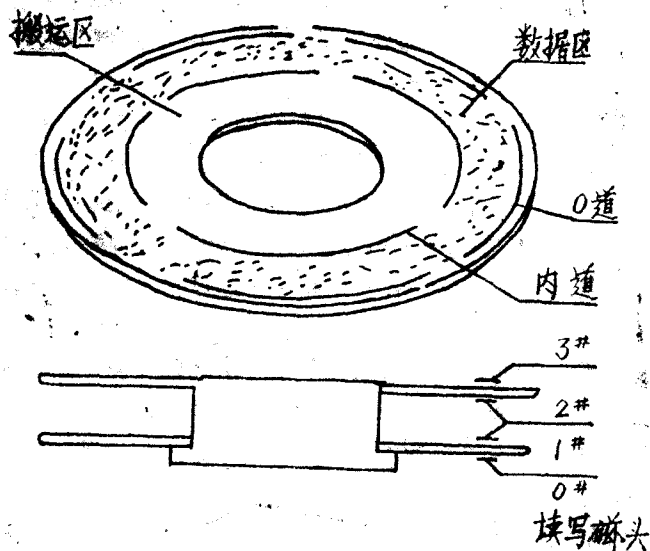


图 1—6 读写磁头和盘区分配

更换磁头时，除了考虑磁头结构形式外，对磁头的电性能也必须保证有互换性，包括：线圈电感量、频率特性、读出分辨率、重写残余度、信噪比、数据窗口裕量、读出幅度等电参数。

(2) 读、写电路

在磁头、盘片的性能确定之后，便需要设计一条与之相匹配的读、写电路，以便正确地进行数据传送、转换存取工作。读、写电路框图见图 1—7，关于磁记录的原理本文不作详细的阐述了，其记录过程可参见前图 1—4。读、写电路可分为读和写两部分，一方

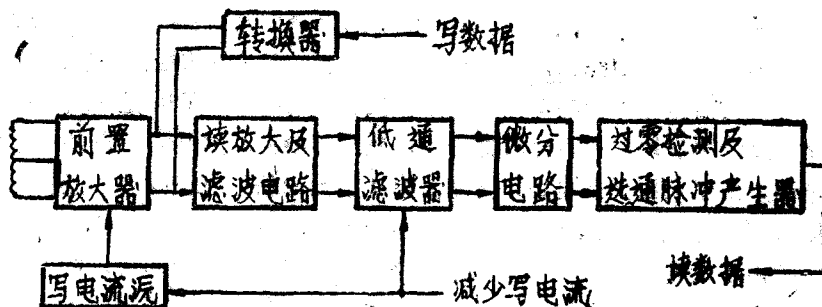


图 1—7 读/写电路框图

面通过写电路可将控制器送来的写数据记录到盘片上, 另一方面通过读电路可将从盘上读出的电压波形还原成相应的数据脉冲信号送至控制器。对于小容量温盘来说, 大多采用了 MFM 制(改进调频制)编码记录方式, 这种编码方式记录率高, 便于提高记录密度。由于温盘记录密度比较高, 位密度一般都在 9000bPI(位/时)左右, 因此, 对读、写电路的信噪比、通带、驱动速度等电性能也提出了较高的要求。

写电路见图 1—8。它是由写驱动、选头、写电流控制、写故障产生等部分电路组成。当控制器发出命令时, 晶体管 Q_4 、 Q_5 、 Q_7 分别导通, Q_1 、 Q_2 处于工作状态, 同时由稳压管 W_1 与 Q_3 组成的写电流控制电路也随即处于工作状态。 u_2 将控制器送来的 MFM 制数据、时钟(简称数据)混合脉冲转变为不归零制的写电流波形, 推动 Q_1 、 Q_2 、轮流导通, 这时被选头电路选中的磁头线圈便通电, 信息也就依次记录到盘片上。 u_3 是一块译码器, 它与二极管矩阵 $D_1—D_8$ 、 $Q_8—Q_{11}$ 一起组成磁头选择码电路, 根据头选信号头选 2° 、头选 2^1 产生四种不同状态, 分别使晶体管 $Q_8—Q_{11}$ 中的一只导通工作, 这样与之相接的那只磁头线圈便被加上 12 伏电压。在这种写电路里, Q_1 、 Q_2 工作时处于非饱和工作状态, 因此提高了晶体管开关电路的响应速度。在写电路中, 还设置了由电压比较器 339 组成的写故障检测电路, 当有写令而无写电流时(即 Q_7 通、 $Q_8—Q_{11}$ 不通), 比较器便输出 0 电平, 它立即禁止写电路工作, 同时送出“写故障”信号给故障检测电路。为了使盘片上的磁性位元可靠翻转, 必须向磁头线圈提供一个恒定的写驱动电流, 这个电流值的大小与温盘的记录密度、磁头读出电压幅度等参数有关。另外为了减少内、外磁道读出信号的不均匀性, 通常将盘片分成内、外二个区域, 内区写入电流小, 内外区写出电流一般相差 5—10 毫安, 利用温盘上的单片计算机可划分写电流区间, 控制写电流值。图中外区写电流值可近似计算为:

$$Q_3 \text{ 发射极电流 } I_{Q_3} = \frac{V_e}{R} = \frac{1.3}{61} = 21 \text{ 毫安}$$

写电流值过大或过小将直接影响记录信号的可靠。

读电路见图 1—9。从磁头读出的数据电压信号十分微弱, 该信号的电压值约为 0.8—2 毫伏。为了减少噪声对读出数据信号的干扰并减少传输损失, 一般在磁头附近放有低噪声宽带前置放大器, 信号采用差分输入, 其放大增益约为 20 倍。经过前置放大后送至 u_1 的数据信号幅度可达到 40 毫伏(P-P), 该信号再送 u_1 放大, u_1 采用宽带运算放大器, 放大增益约为 30 倍。由于从磁盘读出的数据是高频小信号, 经过几级电路传送易产生高频干扰, 所以须将 u_1 放大的信号用后级低通滤波网络滤去高频分量后再送 u_2 。为了鉴别读出电压峰点代表的数据脉冲信号, 一般可采用峰值鉴别电路检读信号峰值, 该电路利用 u_2 构成微分电路来鉴别读出信号的峰值, 由于信号峰点的梯度为 0, 故经微分后的 0 点处便为信号峰点, 它可作为后级过零检测电路检测用。接在 u_3 后面的 8T20 是一块由电压比较器和单稳等电路构成的集成块, 片内比较器用作电压过零检测, 它与微分电路一起构成了信号峰值鉴别电路。由于采用微分电路, 当然希望送鉴别的信号是正弦波, 但实际上得到的是一个多谱模拟信号, 由于诸如 1010 这类信号易产生 0 梯度的噪声, 因此采用峰值鉴别电路有可能由于噪声干扰造成误检, 一般在读电路中采用了一些补偿办法。在上述电路中采用了时减滤波器, 实质它是用单稳产生一个 50—100 毫微秒的脉冲, 它作为时钟信号去选通由过零检测电路产生的数字脉冲信号, 延时值的取值一般不超过数据偏移允许的窗口宽

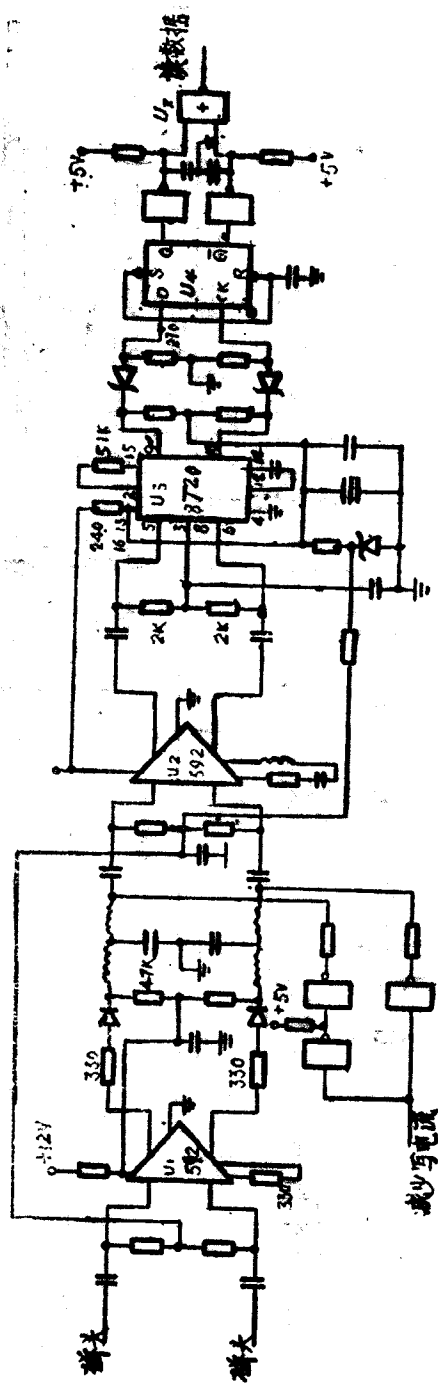


图 1-9 读电路图

度。由 D 触发器 u_4 检出的数字信号再经脉冲产生电路, 最后由 u_7 送出的便是与写入时一致的时钟、数据混合的脉冲序列信号了。经读电路各级产生的电压波形见图 1—10。

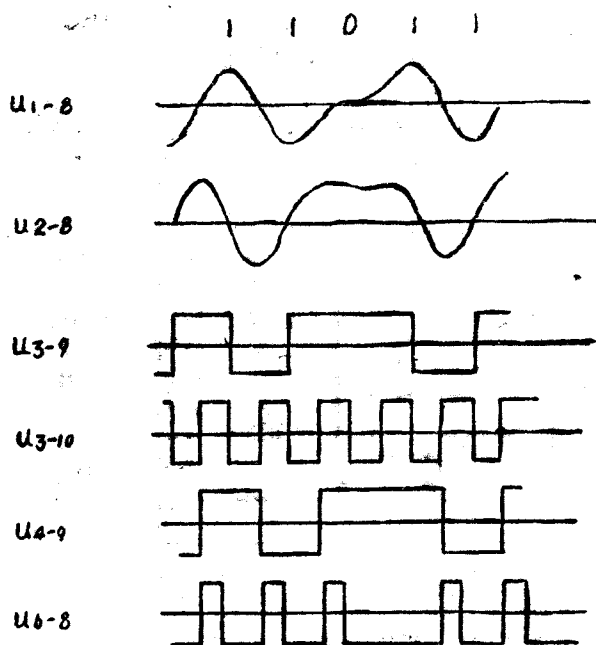


图 1—10 读出信号波形

前面介绍过, 为了减少噪声对磁头读出的微弱的信号的干扰, 一般希望将前置放大器尽可能放在磁头附近。许多温盘采用了专用读写前置放大电路, 将它安装在 HDA 内部磁头取数臂的安装支架上, 并由一根软电缆将放大后的信号送出来。这类专用的磁头读写芯片内部除有前置放大器外, 还将选头矩陈、写电流驱动、写故障检测等电路都集成在一起, 图 1—11 是一种专用的读写芯片的内部电路框图。

目前, 一些温盘制造厂已将图 1—9 所介绍的读写电路都集成在一块大规模集成电路芯片中, 这样便大大减少了电路元器件数目, 提高了整机工作可靠性。但是这类芯片功耗较低, 使用中容易损坏, 而且这类专用芯片市场不易购到, 所以一旦片子损坏对用户的维修带来了一些不便。

3. 索引信号、0 道信号、及主轴制动电路

为了判别主轴电机转速并向控制器提供磁道起始定位标志, 在温盘上设有索引信号产生电路。由于带动盘片旋转的主轴电机转速一般都采用 3600 转/分, 所以电机每转一周所需的时间为:

$$T = 60/3600 = 16.67 \text{ 毫秒}$$

它被用来作为索引信号的周期。通常在主轴电机一侧放有索引传感器以感应出索引信号, 索引信号的产生有采用电磁感应式的, 也有采用光电感应式的。为了使输出脉冲宽度规范化, 可采用如图 1—12 索引信号产生电路对脉冲宽度整形。有些外感式的索引传感器其安装位置有时会偏移, 调整传感器的位置可改变其感应到的输出电压幅度。

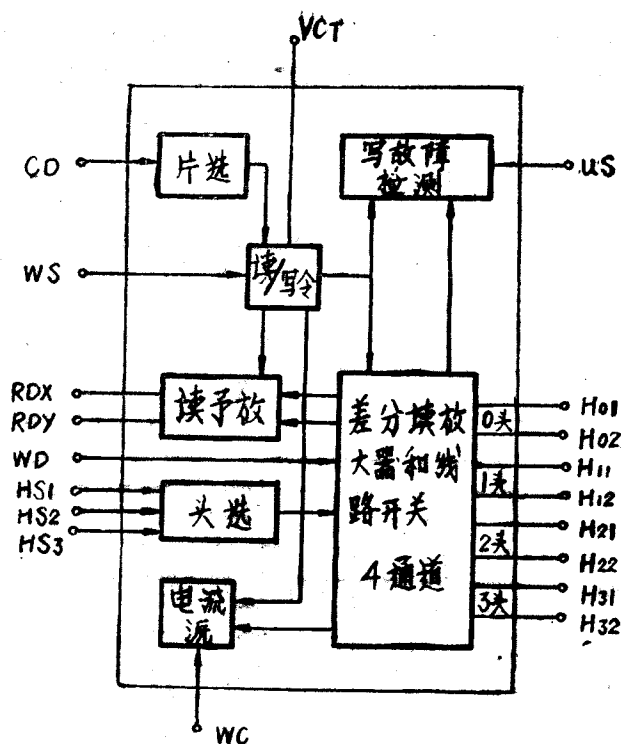


图 1-11 68117通道读写芯片框图

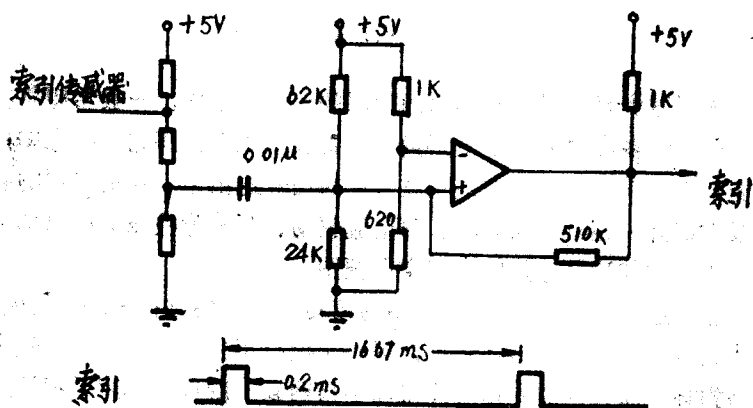


图 1-12 索引信号产生电路

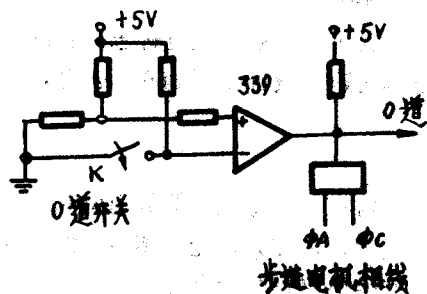


图 1-13 0道信号产生电路

温盘一般将盘片外磁道定为 0 道, 用它作为圆柱 (一个圆柱代表了相同半径的所有磁道) 计数的基准位置。0 道信号的定位开关通常采用光电、电磁、电子等不同形式, 在有的温盘上将它与步进电机相序信号配合, 通过如图 1—13 电路产生 0 道信号, 以送给控制器和单片机检测用。

温盘的主轴电机转速高, 头、盘又采用了接触式启/动方式, 为了减少磁头与盘片之间的磨擦时间以延长头、盘使用寿命, 当电机断电后, 需对电机作强制制动, 以使盘片在标准规定范围内 (小于 7 秒) 停止转动。制动刹车也有几种形式, 一种是直接制动方式, 见图 1—14。它采用了电磁铁刹车, 当温盘断电后, 电磁刹车张弹簧开以对电机外转子制动。也有采用继电器间接制动方式的, 继电器开关跨接于电机线圈上, 当温盘断电后, 继电器开关合上, 它将电机相线短路, 利用电机产生的电动势使电机迅速减速直至停止转动。要注意的是, 前一种方式中的刹车往往装在印制电路板上, 它与主轴电机是分开安装的, 在拆装印制电路板时, 需注意调节刹车与电机之间的间隙松紧适当。

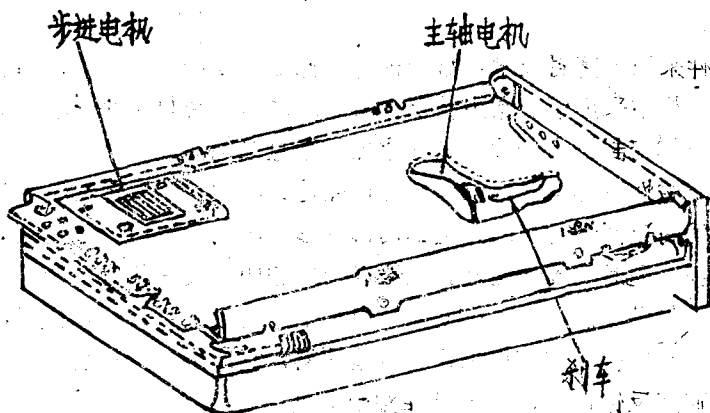


图 1—14 主轴电机刹车装置

4. 空气过滤系统

温盘工作时, 磁头会浮离盘片表面, 头、盘间隙非常小, 约为 0.4 微米, 如果盘腔内有较大的尘粒, 将会造成头、盘擦伤, 所以要求盘腔内十分洁净。头盘组件 (HDA) 是在 100 级 (1 立方英尺内具有 0.3 微米以上的粒子数在 100 颗以下) 净化条件下装配的, 而在温盘的内部有一套空气过滤系统。温盘的过滤系统没有外加的增压装置, 它仅借助于盘片的高速旋转而形成气泵。在 HDA 中的空气循环通路中放有一只循环式空气过滤器, 它可滤去盘腔内的污染物。在 HDA 外罩上装有一只呼吸式高效过滤器, 它利用盘腔内外空气压力的不平衡, 用作腔内外空气呼吸式交换的通道, 以向腔内补充洁净的空气, 同时它具有散热作用。该空气过滤系统见图 1—15, 其中呼吸过滤器粘在外罩的内部, 外罩上有一些小孔供空气流通。

5. 主轴电机及稳速电路

温盘主轴系统是由主轴、电机及稳速电路几部分组成, 该系统的稳速精度直接影响温盘数据读写的可靠性。为了使整机结构紧凑、体积小巧, 一般将主轴与电机的转轴压成一体, 电机轴即为安装盘片的主轴, 并经精密动平衡校正以减少主轴的跳动。在温盘上采用的是直流无刷电机, 这可避免碳刷磨损产生的粉尘和电火花对信息的干扰, 因此提高了

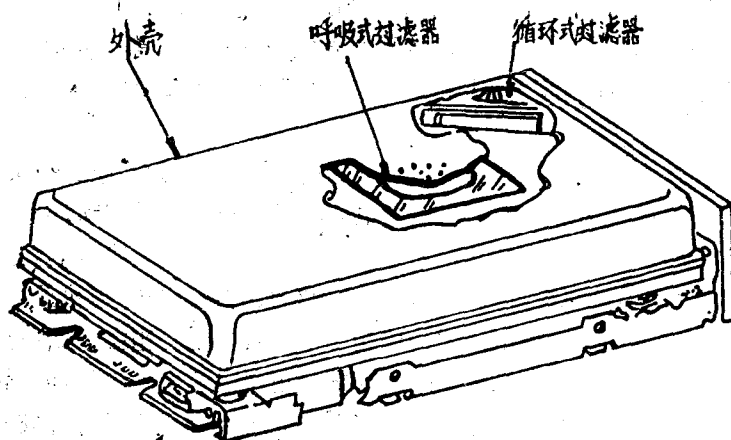


图 1-15 空气过滤系统

整机工作的可靠性。

温盘的头盘部件采用了密封技术，盘腔内部须保证 100 级的净化度，为了防止外界污染空气进入盘腔，电机中采用了低噪声精密级具有双面防尘密封盖的轴承，电机上端装有磁流体密封圈。磁流体密封圈由一片铁氧体永磁体通过二侧的纯铁片与主轴外径形成一个闭环磁路，中间涌有磁性流体材料，该材料是由磁性强的铁—钴微粉粒子和分散液混合组成的，其特点是在轴高速回转时可阻止轴孔内油气延主轴向盘腔内泄漏，轴回转时由它作缓冲可减小机械磨损，同时抗震性能好。一般采用二相四极或三相四极转子式电机，线圈绕组有三角形和星形二种接法。图 1-16 是一只扁平外转子式直流无刷电机，它的主轴采用了磁流密封技术。在电机上装有霍尔或光电检测器，它产生与电机转速成正比的脉冲信号，可以用来作为速度反馈信号，并可用作控制电机线圈绕组通断的相序控制信号。绕组依次轮流导通时，便驱动电机转动，改变绕组电流大小及通断时间就可改变电机转速。

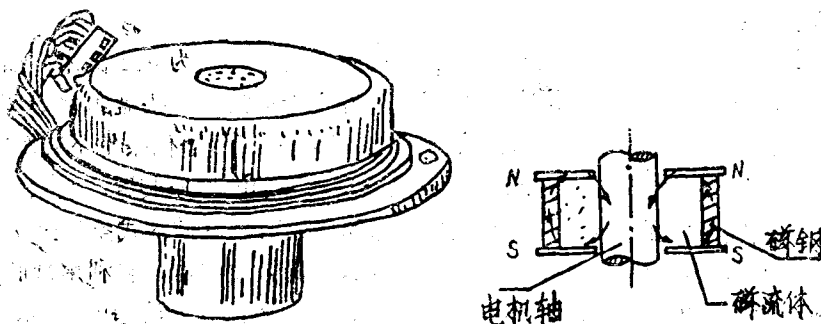
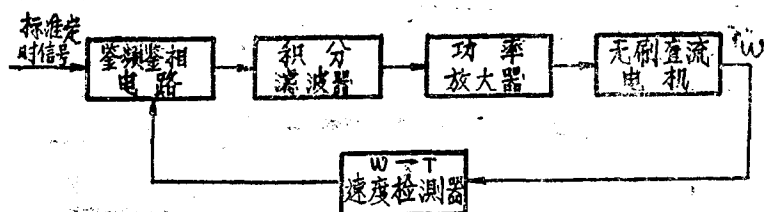


图 1-16 主轴电机与磁流体密封

温盘的主轴转速误差要求小于 0.5%，因此必须采用锁相伺服系统控制电机转速精度。小温盘通常采用数字或模拟鉴相的锁相伺服电路，也有利用单片计算机对主轴电机进行锁相控制的。后者采用的电路元器件较少，稳速精度也能达到较高的要求，同时单片计算机还可兼作速度检测用，因此这种稳速电路运用的较应泛。图 1-17 是以上所介绍的二种稳速电路的功能框图。



主轴电机锁相稳速电路

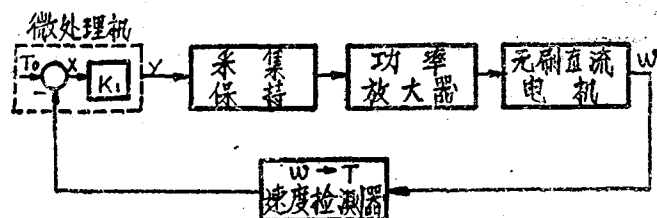


图 1-17 主轴电机微机稳速电路

下面介绍一种利用单片机控制主轴电机转速的电路。电路中采用了三相四极外转子式电机，绕组采用星形接法，单片机利用索引信号 T 检测主轴电机转速，将它与已预先设置好的标准转速周期 T_0 进行比较，用 T 与 T_0 的差值表示速度的差与纠偏量。当电机转速偏慢时，周期 T 变长，反之 T 减短，这时单片机根据测得的 T 值将它与预先设置的 T_0 值比较后，送出调速信号 Y ，改变 Y 周期与脉冲宽度，分别控制 Q_1-Q_3 的导通时间，进而可调整电机转速。电机每转一周，霍尔检测器送出二个周期的方波脉冲信号，它用以控制电机绕组按顺序导通，并禁止电机二相线圈同时导通。二极管和电容等元件组成泄放电路，以保证电机正常运转。利用单片计算机来控制主轴转速的电路见图 1-18，图下方是霍尔检测器送出的方波和单片机发出的控制转速的调速脉冲信号，只有在单片机发出的负脉冲工作期间，才能使电机相线圈导通，使电机转动。

6. 磁头机执行机构及其驱动电路

为了使磁头能正确地移动到指定的磁道上作数据存取操作，要求磁头定位系统有很高的定位精度和快速的存取时间。在 10MB 温盘的磁头定位系统中，大多采用了高精度的步进电机作驱动部件。目前采用步进电机作定位驱动可使温盘的道密度做到大于 360TPI(道/英寸)，步进电机成本低，对它采用开环控制系统，实现的电路比较简单。支持磁头移动的有一套执行机构，机构的移动有采用回转方式的，也有采用直线方式的。前者利用步进电机轴上绞盘通过钢带带动转臂使磁头在盘片上作弧线移动，故也称作旋转机构，其工作原理见图 1-19。根据回转中心所放位置的不同，又可分为平衡式和不平衡式二种旋转机构。直线机构是利用钢带带动装有磁头的小车体在预先安置的导轨上作直线运动，这种机构见图 1-20。旋转机构结构紧凑、耐震性能好，一般用在半高型温盘中；直线机构平衡好，但体积较大，一般用在全高型温盘中。这套机构的精度将直接影响到磁头的定位精度，对于密度在 360TPI 的温盘来说，一般允许的磁头定位误差(偏离磁道中心)在 ± 4 微米左右。定位精度过低，将使磁头信号的信噪比过小，读写数据的可靠性降低。由于温盘的盘片是不可换的，它虽然没有互换性问题，但对系统重复定位精度仍有较高的要求。

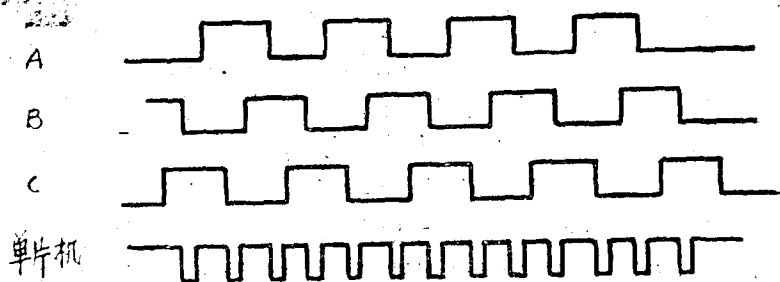
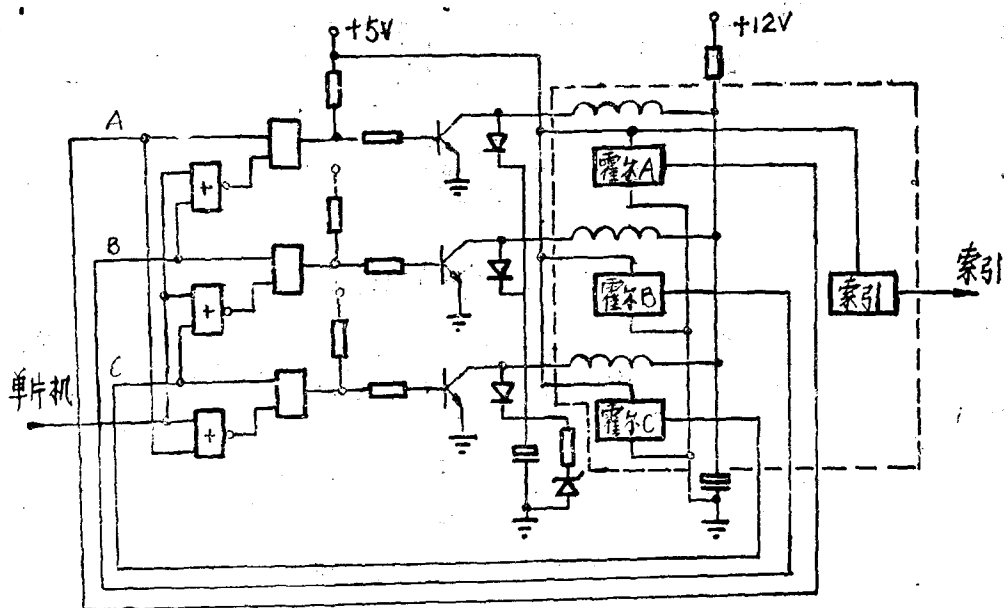


图 1-18 直流无刷电机控制电路

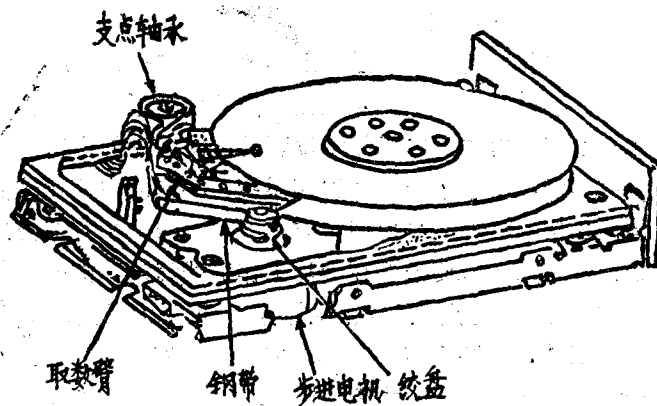


图 1-19 旋转式磁头定位机构

温盘中装有单片计算机，它用预先设计好的内装的找道控制模块直接控制步进电机作寻找工作。该模块是按最优找道控制模式设计而成的，它具有正常和快速(缓冲)二种找道

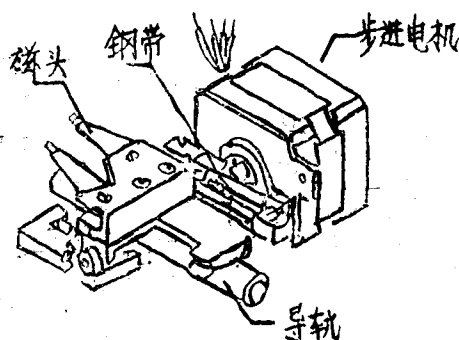


图 1—20 直线导轨机构

工作方式，既要考虑使磁头在道间移动的速度快，又要求磁头到达目标道后能很快稳定下来，振荡较小，对开环定位系统来说，它完全是按照最优控制模式来解决上述二方面相互矛盾的定位时间问题的。

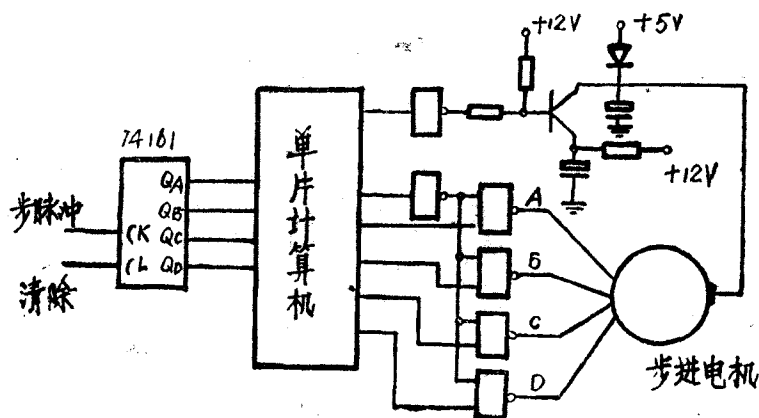
按照线圈绕组和结构不同，步进电机可分成三相四拍或二相四拍等几种不同的工作方式。步进电机根据单片机控制产生的不同相序和节拍的步脉冲，带动磁头作前进或后退移动。目前在温盘中使用的步进电机其移动角为每一步转动 0.9° 。

图 1—21 是步进电机控制电路，在该系统中采用的是四相四拍步进电机。 u_1 是一块计数器，它用控制器发来的步进脉冲作为计数时钟，对步进信号进行缓冲计数。由于有计数器作缓冲计数，这样可缓和单片机 u_2 对步进信号的实时访问性。单片机定时对计数器进行访问，并根据接到的方向信号计算出目标地址寄存在片内，同时按转动方向发出相应的相序脉冲控制步进电机转动。 $u_{2.2}$ 是单片机发出的步进选通线，它输出高电平时，便可禁止步进电机转动。在单片机内有几组按优化设计的速度控制模块，根据计算得到的不同的道差值，单片机自动选用不同的速度控制模块，使磁头以最短的时间定于目标磁道中心位置。步进电机的中心抽头分别去接 +5 伏或 +12 伏电压，在快速寻找时，为了提高步进电机的动态响应能力，单片机自动选用 +12 伏电压驱动步进电机工作， $u_{2.}$ 输出高电平时， Q_1 导通，+12 伏电压便加到电机上，反之便选中 +5 伏电压。步进电机的线圈相序节拍见图 1—21。其中每一种相序条件对应于一种电机转动状态，每转四道(步)便重复原状态，相序变化方向不同，电机转动方向也不同。一旦找道完成，单片机便发出“寻找完成”信号。只有满足一定条件，步进电机才能工作，寻找的工作条件为：

寻找 = 写令 · 设备选中 · 准备好 · 方向 · 步进脉冲

7. 故障检测和掉电保护电路

温盘中设置了一套故障检测电路，依靠这套电路，可随时对整机各部分的工作状态进行检测，一旦发现有故障，便立即作出相应的处理操作，并通过接口线向控制器报告故障情况。温盘上使用了单片计算机，利用其 I/O 通道可对一些故障作检测，这是温盘的一个重要特点，另外，辅之于外部故障检测电路，见图 1—22。利用这个电路对单片机和掉电保护电路的故障线进行检测。一旦主轴转速不符合要求或初始化工作不正常，单片机通过其 I/O 通道送出高电平。如果出现的是随机错误，而且这些故障立即会自行消失，单片机在通道口送一负跳脉冲，利用这一信号可清除锁存的故障状态。



序 号	相 A	电 B	压 C	D
0	0	1	0	1
1	1	0	0	1
2	1	0	1	0
3	0	1	1	0

图 1—21 步进电机控制电路

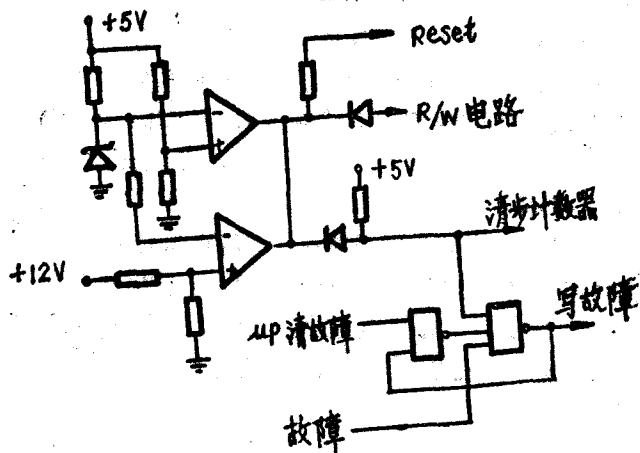


图 1—22 掉电保护电路

掉电保护电路见图 1—22。它用二只电压比较器检测 +5 伏、+12 伏直流电压，一旦发生掉电(电压降低)情况，比较器输出低电平，即表示有掉电故障。接在这条故障传送线上的还有“写故障”等一些信号，如发生故障，一方面通过这根线将故障状态报告给控制器，另方面对步脉冲计数器发清零信号，并对单片机复位，以使温盘重新进入初始工作状态。