

I/O 设备

I/O 设备是实现计算机系统与外部世界之间进行信息交换或信息存储的装置。现实世界中,人们常用数字、字符、文字、图形、图像、影像、声音等形式来表示各种信息,而计算机直接处理的却是以信号表示的数字代码,因而需要输入设备将现实世界各种形式表示的信息转换为计算机所能识别、处理的信息形式,并输入计算机;利用输出设备将计算机处理的结果以现实世界所能接受的信息形式输出出来,以便为人或其他系统所用。

本章将介绍目前常用的外部设备并简要叙述这些设备的工作原理。

5.1 I/O 设备概述

按设备在系统中的功能与作用来分,I/O 设备可以大致分为 5 类。

1. 输入设备

输入设备将外部的信息输入主机,通常是将操作者所提供的外部世界的信息转换为计算机所能识别的信息,然后送入主机。目前广泛使用的输入设备主要有键盘、鼠标器、触摸屏、数码相机、摄像头、麦克风等。其中键盘和鼠标是基本的输入设备,其他输入设备又被称作多媒体输入设备。

2. 输出设备

输出设备将计算机处理结果从数字代码形式转换成人或其他系统所能识别的信息形式。常用的输出设备有显示器、打印机、投影仪、耳机、音箱等。其中显示器和打印机是基本的输出设备,其他输出设备又被称作多媒体输出设备。

3. 存储设备

外存储器是指主机之外的一些存储设备,如磁带、磁盘、光盘、U 盘等。存储设备一方面可以存储文件,另一方面也可以广义地看作对于文件输入和文件输出的特殊输入输出设备。

4. 网络设备

网络设备用于连接计算机网络,也可以广义地看作计算机对外部网络的输入输出设备,被称为终端设备。网络设备包括调制解调器、网卡、红外设备、蓝牙设备等。用户通过终端设备在一定距离之外操作计算机,通过终端输入信息或获得结果。利

用终端设备可使多个用户同时共享计算机系统资源。

5. 其他 I/O 设备

某些特定应用领域需要用到一些特殊的 I/O 设备,如在工业控制应用中的数据采集设备——仪表、传感器、A/D 和 D/A 转换器等。

还有一类所谓的脱机设备,即数据制备设备,如软磁盘/磁带数据站。它是一种数据录入装置,为了不让数据录入占用大、巨型主机的宝贵运行时间,大批数据录入往往采取脱机录入方式,即先在专门的录入装置上人工按键录入,把结果存入磁盘或磁带中,然后将磁盘或磁带联机输入主机。

5.2 输入设备

在计算机中,输入设备主要完成输入程序、数据、操作命令、图形、图像、声音等信息。键盘和鼠标是最常用的输入设备,随着外部设备的发展,尤其是多媒体输入设备的发展又出现了诸如摄像头、摄像机、数码相机、扫描仪、触摸屏等设备。本节将常用于进行操作输入的键盘、鼠标和触摸屏放在一起介绍。对于任何一台计算机系统,这些输入设备必有其一。其他设备放在 5.6 节中介绍。

5.2.1 键盘

键盘是最基本、最常用的输入设备。虽然键盘只能输入字符和代码,但能方便地将人的控制意图告诉计算机,是人机交互的重要输入工具。

1. 键盘的分类

键盘的种类很多,但总体可以分为下列几种情况。

1) 按照键盘的工作原理和按键方式分类

可以划分为 4 种:(1)机械(Mechanical)键盘采用类似金属接触式开关,工作原理是使触点导通或断开,具有工艺简单、噪声大的特点;(2)塑料薄膜式(Membrane)键盘,键盘内部共分 4 层,实现了无机械磨损,其特点是低价格、低噪声和低成本,已占领市场绝大部分份额;(3)导电橡胶式(Conductive Rubber)键盘触点的结构是通过导电橡胶相连,键盘内部有一层凸起带电的导电橡胶,每个按键都对应一个凸起,按下时把下面的触点接通,这种类型的键盘是市场由机械键盘向薄膜键盘的过渡产品;(4)无接点静电电容(Capacitives)键盘使用类似电容式开关的原理,通过按键时改变电极间的距离引起电容容量改变从而驱动编码器,特点是无磨损且密封性较好。

2) 按照键盘的按键数量分类

通用计算机系统使用的往往是按标准字符键排列的通用键盘。这种键盘上包含着字符键与一些控制功能键。键盘的按键数曾出现过 83 键、93 键、96 键、101 键、102 键、104 键、107 键等。104 键的键盘是在 101 键键盘的基础上为 WINDOWS 9X 平台提供的,增加了 3 个快捷键(有两个是重复的),所以也被称为 WINDOWS 9X 键盘。在某些需要大量输入单一数字的系统中还有一种小型数字录入键盘,基本上就是将标准键盘的小键盘独立出来,以达到缩小体积、降低成本的目的。

3) 按照键盘的接口分类

键盘的接口有 AT 接口、PS/2 接口和最新的 USB 接口,现在的台式机多采用 PS/2 接口,且大多数主板都提供 PS/2 键盘接口。AT 接口键盘出现于早期机器,现在已不使用。USB 作为新型的接口,也越来越普及。

2. 键盘扫描原理

根据形成按键编码的基本原理与实现方法,键盘又可分为硬件扫描键盘和软件扫描键盘。

在键盘上,各键的安装位置可根据操作的需要而定;但在电气连接上,可将诸键连接成矩阵,即分成 n 行 $\times m$ 列,每个键连接于某个行线与某个列线交叉点之处。通过硬件扫描或软件扫描,识别所按下的键的行列位置,称为位置码或扫描码。

1) 硬件扫描键盘原理

硬件扫描键盘(电子扫描式编码键盘)是由硬件逻辑实现扫描的,所用的硬件逻辑可称为广义上的编码器,如图 5-1 所示。硬件扫描式键盘的逻辑组成如下:键盘矩阵、振荡器、计数器、行译码器、列译码器、符合比较器、ROM、键盘接口、去抖电路等。

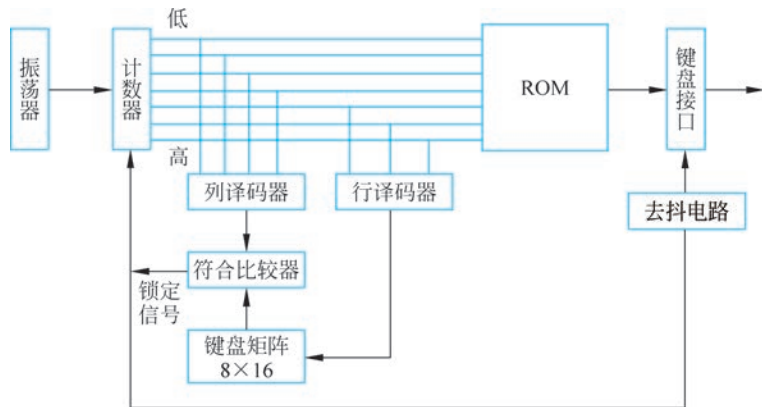


图 5-1 硬件扫描式键盘原理框图

假定键盘矩阵为 8 行 $\times$ 16 列,可安装 128 个键,则位置码需要 7 位,相应地设置一个 7 位计数器。振荡器提供计数脉冲,计数器以 128 为模循环计数。计数器输出 7 位代码,其中高 3 位送给行译码器译码输出,送键盘矩阵行线。计数器输出的低 4 位经列译码器送至符合比较器。键盘矩阵的列线输出也送至符合比较器,二者进行符合比较。

假定按下的键位于第 1 行、第 1 列(序号从 0 开始),则当计数值为 0010001 时,行线 1 被行译码器的输出置为低电平。由于该键闭合,使第 1 行与第 1 列接通,因此列线 1 也为低电平。低 4 位代码 0001 译码输出与列线输出相同,符合比较器输出一个锁定信号,使计数器停止计数,其输出代码维持为 0010001,就是按键的行列位置码,或称为扫描码。

用一个只读存储器 ROM 芯片装入代码转换表,按键的位置码送往 ROM 作为地址输入,从 ROM 中读出对应的按键字符编码或功能编码。由 ROM 输出的按键编码经接口芯片送往 CPU。更换 ROM 中写入的内容,即可重新定义各键的编码与功能的含义。

在实现一个键盘时,要注意一个问题:键在闭合过程中往往存在一些难以避免的机械性抖动,使输出信号也产生抖动,所以图 5-1 中有去抖电路。另一个需要注意的是重键,当快速按键时,有可能发生这样一种情况:前一次按键的键码尚未送出,后面按键产生了新键

码,造成键码的重叠混乱。在图 5-1 的逻辑中,是依靠锁定信号来防止重键现象的。在扫描找到第一次按键位置时,符合比较器输出锁定信号,使计数器停止计数,只认可第一次按键产生的键码。仅当键码送出之后,才解除对计数器的封锁,允许扫描识别后面按下的键。

硬件扫描键盘的优点是不需要主机担负扫描任务。当键盘产生键码之后,才向主机发出中断请求,CPU 以响应中断方式接收随机按键产生的键码。现已很少用小规模集成电路来构成这种硬件扫描键盘,而是尽可能利用全集成化的键盘接口芯片,如 Intel 8279。

2) 软件扫描键盘原理

软件扫描是指为了识别按键的行列位置,通过执行键盘扫描程序对键盘矩阵进行扫描。若对主机工作速度要求不高(如教学实验单板机),则可由 CPU 执行键盘扫描程序。按键时,键盘向主机提出中断请求,CPU 响应并执行键盘中断处理程序,该程序包含键盘扫描程序、键码转换程序及预处理程序等。若对主机工作速度要求较高,希望少占用 CPU 处理时间,可在键盘中设置一个单片机,负责执行键盘扫描程序、预处理程序,再向 CPU 申请中断并送出扫描码。

现代计算机的通用键盘大多采用第二种方案,如 IBM-PC/XT 机的通用键盘。它采用电容式无触点式键,共 83~110 键,连接为 16 行×8 列,由 Intel 8048 单片机进行控制,以行列扫描法获得按键扫描码。键盘通过电缆与主机板上的键盘接口相连,以串行方式将扫描码送往接口,由移位寄存器组装,然后向 CPU 请求中断。CPU 以并行方式从接口中读取按键扫描码。在图 5-2 中,虚线左边是键盘逻辑,右边是位于主机板上的接口逻辑。

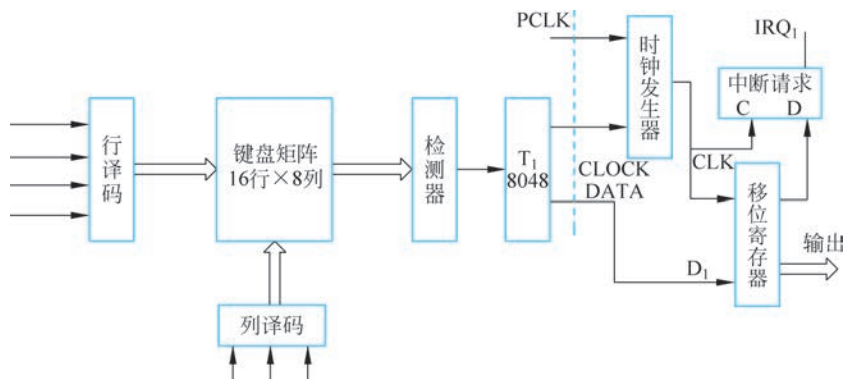


图 5-2 IBM-PC 键盘粗框图与接口

由 8048 输出计数信号控制行、列译码器,先逐列为 1 地步进扫描。当某列为 1 时,若该行线上无键按下,则行线组输出为 0;若该列线上有键按下,则行线组输出为 1。将每次扫描结果串行送入 8048 T_1 端,检测当哪一列为 1 时,键盘矩阵行线组输出也为 1,即表明该列有键按下。然后逐行为 1 地步进扫描,由 8048 T_1 端判断当哪一行为 1 时,列线组输出也为 1,即判断哪行按了键。8048 根据行、列扫描结果便能确定按键位置,并由按键的行号和列号形成对应的扫描码(位置码)。

键盘向主机键盘接口输送的是扫描码。当键按下时,输出的数据称为接通扫描码,而该键松开时,输出的数据称为断开扫描码。PC 系列中不同机型的键盘接通和断开的扫描码有所不同,如 PC/XT 机键盘与 AT 机键盘扫描码就不一样,因此不能互换使用。在 PC/XT 键盘中,接通的扫描码与键号(键位置)是等值的,用 1 字节(两位十六进制数)表示,如 M 键,键号为 50(十进制),接通码为 32H。断开扫描码也是 1 字节,是接通扫描码加上 80H 所得,如按下

M 键后又松开,则先输出 32H,再输出 B2H。PC/XT 键盘的拍发速率是固定的(10 次/秒),当按下键 0.5 秒后仍不松开,将重复输出该键的接通扫描码。

5.2.2 鼠标

鼠标是计算机系统中仅次于键盘的最基本、最常用的输入设备。用户手持鼠标在桌面或专用板上滑动,光标就在显示器屏幕上移动,按下鼠标相关键就可以完成菜单选择、定位拾取等操作。由于按下按键或移动位置可拾取信息和发送信息,故鼠标常被称为定点设备(Pointing Device)。随着 GUI(图形化用户接口技术)的普及,鼠标的使用也越来越频繁,在不同的计算机设备中衍生出了滚轴鼠标(轨迹球)、感应鼠标、操作杆等。

1. 鼠标的分类及工作原理

鼠标是由位置采样机构、传感器和专用处理器芯片组成的。如图 5-3 所示,当鼠标相对桌面移动时,采样机构按 X、Y 相互垂直的方向将位置信息传递给 X、Y 方向的传感器,由传感器将它转换为脉冲输入给专用处理器,专用处理器再将位移和 SW 鼠标按键状态组合成数据格式,传送至主机。

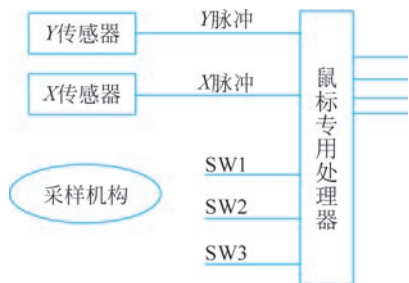


图 5-3 鼠标机构组成

根据鼠标外形可分为二键鼠标、三键鼠标、滚轴鼠标和感应鼠标。二键鼠标和三键鼠标的左右按键功能完全一致。对于三键鼠标的中间按键,常常配合一些软件使用,如文本翻页等;滚轴鼠标(又称轨迹球)和感应鼠标在笔记本电脑上用得很普遍,往不同方向转动鼠标中间的小圆球,或在感应板上移动手指,光标就会向相应方向移动,当光标到达预定位置时,按一下鼠标或感应板,就可以执行相应功能。

根据鼠标的接口不同,可将鼠标分为串口鼠标、PS/2 鼠标、USB 鼠标、无线鼠标 4 类。早期鼠标通过串行口和计算机连接,由于计算机的串口资源少,很容易产生资源冲突。PS/2 接口是 20 世纪 90 年代后期出现的,它作为鼠标的固定接口与计算机连接。随着近年 USB 口的普及和笔记本电脑的广泛使用,USB 鼠标也越来越流行。就鼠标本身而言,3 种接口的鼠标并没有什么区别,有些鼠标配备了 PS/2 或 USB 的转换头,可采用多种方式和计算机进行连接。无线鼠标器是为了适应大屏幕显示器而生产的。所谓无线,即没有电线连接,采用红外线或蓝牙和主机进行通信,接收范围在 1.8 米以内。无论采用何种接口,其内部结构依然不变。

根据鼠标的采样机构不同可将其分为 4 类:机械式鼠标、光机式鼠标、光电式鼠标和光学鼠标。现代广泛使用的鼠标基本上都是光学鼠标,下面简要介绍光学鼠标的原理。

光学鼠标的底部没有滚轮,也不需要借助反射板来实现定位,其核心部件是发光二极管、微型摄像头、透镜组件、光学引擎和控制芯片,如图 5-4 所示。光学鼠标精度高,无机械结构,使用时无须清洁,在诞生之后迅速引起业界瞩目。

发光二极管:光学鼠标通过摄像头在黑漆漆的鼠标底部拍摄画面,必须借助发光二极管来照明。一般来说,光学鼠标多采用红色或者蓝色的发光二极管,但以前者较为常见,原因并非红色光对拍摄图像有利,而是红光型二极管最早诞生,技术成熟,价格也最为低廉。与第一代光电鼠标不同,光学鼠标不需要摄取反射光来定位,发光二极管的唯一用途就是照明,因

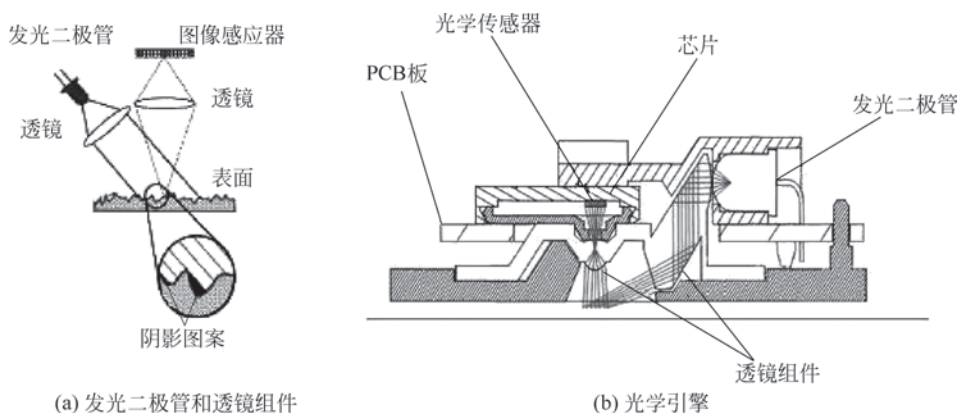


图 5-4 光学鼠标

此其品质如何与鼠标的实际性能并不相关,只是一种常规部件。

透镜组件:透镜组件是成像必不可缺的关键部件。透镜组件位于鼠标的底部位置,它由连接在一起的一个棱光镜和一个圆形透镜共同组成。棱光镜负责将发光二极管发射的光线折射至鼠标底部并将它照亮,为光线输出的必要辅助。而圆形透镜则相当于摄像机的镜头,它负责将反射图像的光线聚焦到光学引擎底部的接收孔中,相当于光线输入的辅助。不难看出,棱光镜与圆形透镜具有同等的重要性,倘若我们将其中任何一个部件拿掉,光学鼠标便无法工作。透镜组件不会直接决定光学鼠标的性能指标,不过与发光二极管一样,它们的品质会影响鼠标的操作灵敏度。一般来说,光学鼠标的透镜可使用玻璃和有机玻璃两种材料,但前者加工难度很大,成本高昂,后者虽然透明度和玻璃有一定差距,但具有可塑性好、容易加工、成本低廉的优点,因此有机玻璃便成为制造光学鼠标透镜组件的主要材料。

光学引擎:光学引擎(Optical Engine)是光学鼠标的核心部件,它的作用就好比是人的眼睛,不断摄取所见到的图像并进行分析。光学引擎由 CMOS 图像感应器和光学定位 DSP(数字信号处理器)组成,前者负责图像的收集并将其同步为二进制的数字图像矩阵,而 DSP 则负责相邻图像矩阵的分析比较,并据此计算出鼠标的位置偏移。光学鼠标主要有分辨率和刷新频率两项指标,二者均是由 CMOS 感应器所决定的,若分辨率、采样频率较高,所生成的数字矩阵信息量也成倍增加,对应的 DSP 必须具备与之相称的硬件计算能力。

控制芯片:控制芯片可以说是光学鼠标的神经中枢,但由于主要的计算工作由光学引擎中的定位 DSP 芯片所承担,控制芯片的任务就集中在负责指挥、协调光学鼠标中各部件的工作,同时也承担与主机连接的 I/O 职能。

2. 轨迹球和操作杆

轨迹球又称为滚轴鼠标。其工作原理与机电式鼠标完全相同,只不过是用手代替了摩擦平板,犹如翻转使用的鼠标,因而是鼠标的一种变形应用,常使用在笔记本电脑上。因其通常比鼠标中的小球大一些,故分辨率较高,更加灵敏和精确。同时,使用轨迹球移动光标只需转动球体,因此可以节省大量桌面空间。

操作杆又称为摇杆。它本身不能产生表示距离的脉冲序列,只能产生运动方向信号,但可以通过软件定时查询方式产生脉冲序列,以达到移动光标的目的。操作杆实际上是一个能在上下左右及 4 个斜向方向移动的操纵开关。该开关允许有 9 个状态,屏幕光标能在 8 个方向

的一个方向上以恒定的速率改变,常配合游戏软件一同使用。

5.2.3 触摸屏

触摸屏是一种全新的键盘和显示一体化的人-机交互设备。随着计算机的发展,日渐普及。用户只要用手指轻轻地碰计算机显示屏上的图符或文字就能实现对主机操作,从而使人机交互更为直截了当,这种技术大大方便了那些不懂计算机操作的用户。

触摸屏由触摸检测部件和触摸屏控制器组成,触摸检测部件安装在显示屏幕前面,用于检测用户触摸的位置,并送至触摸屏控制器。触摸屏控制器的作用是从触摸点检测装置上接收触摸信息,并转换成触点坐标,再送给主机,它同时能接收主机发来的命令并加以执行。

1. 触摸屏的分类及工作原理

根据触摸原理不同,触摸屏一般可分为 5 个基本种类:矢量压力传感技术触摸屏、电阻技术触摸屏、电容技术触摸屏、红外线技术触摸屏、表面声波技术触摸屏。本小节简要介绍电阻式和电容式触摸屏的工作原理。

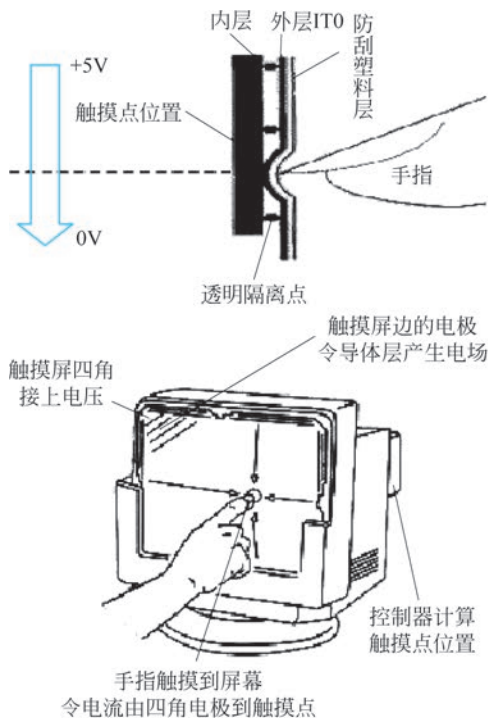


图 5-5 电阻式触摸屏

电阻式触摸屏：如图 5-5 所示,这种触摸屏利用压力感应进行控制。电阻触摸屏的主要部分是一块与显示器表面非常配合的电阻薄膜屏,这是一种多层的复合薄膜,它以一层玻璃或硬塑料平板作为基层,表面涂有一层透明氧化金属(透明的导电电阻)导电层,上面再盖有一层外表面硬化处理、光滑防擦的塑料层,它的内表面也涂有一层涂层,在它们之间有许多细小的(小于 1/1000 英寸)透明隔离点把两层导电层隔开绝缘。当手指触摸屏幕时,两层导电层在触摸点位置就有了接触,电阻发生变化,在 X 和 Y 两个方向上产生信号,然后送至触摸屏控制器。控制器侦测到这一接触并计算出(X,Y)的位置,再根据模拟鼠标的方式运作。这就是电阻技术触摸屏的基本原理。常用的透明导电涂层材料有: A、ITO(氧化铟锡)、弱导电体,特性是当厚度降到 1800 埃以下时会突然变得透明,透光率为 80%,再薄下去透光率反而下降,到 300 埃厚度时又上升到 80%。ITO 是所有电阻技术触摸屏及电容技术触摸屏都会用到的主要材料,实际上电阻和电容技术触摸屏的工作面就是 ITO 涂层。B、镍金涂层,镍金涂层延展性好,寿命长,但工艺成本较为高昂。电阻技术触摸屏的定位准确,由于是一种对外界完全隔离的工作环境,不怕灰尘、水汽和油污,因此可以用任何物体来触摸,也可以用来写字画画。但其价格颇高,且怕刮易损。

电容式触摸屏：电容式触摸屏是一块 4 层复合玻璃屏,如图 5-6 所示,玻璃屏的内表面和夹层各涂有一层 ITO,最外层是一薄层砂土玻璃保护层,夹层 ITO 涂层作为工作面,4 个角上引出 4 个电极,内层 ITO 为屏蔽层,以保证良好的工作环境。手指触摸在金属层时,由于人体

电场,用户和触摸屏表面形成一个耦合电容,对于高频电流来说,电容是直接导体,于是手指从接触点吸走一个很小的电流,从触摸屏四角的电极中流出(流经这4个电极的电流与手指到4角的距离成正比),控制器通过对这4个电流比例的精确计算得出触摸点的位置。电容屏反光严重,而且电容技术的四层复合触摸屏对各波长光的透光率不均匀,存在色彩失真的问题,由于光线在各层间的反射,还造成图像字符的模糊。当环境温度、湿度改变时,以及环境电场发生改变时,都会引起电容屏的漂移,造成不准确。

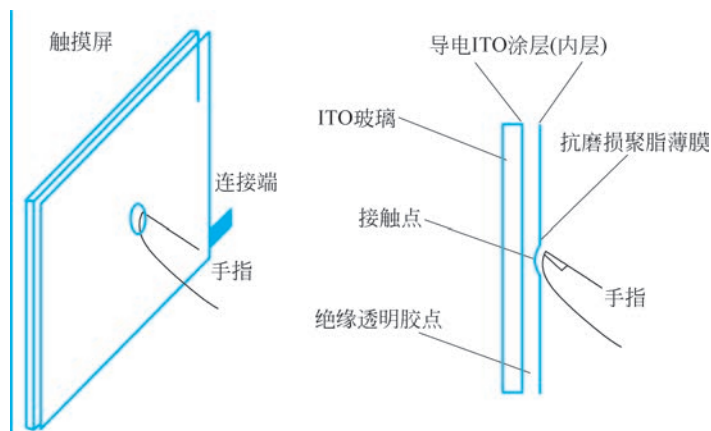


图 5-6 电容触摸屏

2. 手写板和触摸笔

触摸屏技术方便了人们对计算机的操作使用,已经广泛应用于平板电脑、手机等新型计算机设备。除了传统意义上的触摸屏,手写板和触摸笔已经开发出来。

手写板是一种通过手写向计算机输入信息的输入设备。手写板的硬件由两部分组成:一部分是一块与主机相连接的内部装有传感器的光滑基板;另一部分是用来在基板上写字的“笔”。一方面“笔”具有类似鼠标的拾取、交互功能,另一方面,“笔”还具有字符的输入功能。当用户通过“笔”在基板上写字时,它所移动的轨迹被读入计算机,计算机通过手写字符识别软件根据轨迹特征辨别所写的内容。从实现技术来看,手写板和触摸笔是触摸屏的衍生技术,主要分为电阻式手写板、电磁式手写板和电容式手写板等类型。

电阻式手写板由一层可变形的电阻薄膜和一层固定的电阻薄膜构成,中间由空气相隔离。其工作原理是:当用笔或手指接触手写板时,上层电阻受压变形并与下层电阻接触,下层电阻薄膜就能感应出笔的位置。

电磁式手写板通过手写板下方的布线电路通电,在一定空间范围内形成电磁场,来感应带有线圈的笔尖的位置进行工作。这种技术具有良好的性能,可进行流畅的书写和绘图。

电容式手写板主要通过人体的电容来感知笔的位置,笔接触到触控板的瞬间在板的表面产生一个电容。由于触控板表面附着的传感矩阵与一块特殊芯片一起持续不断地跟踪着使用者手指电容的“轨迹”,经过内部一系列的处理后,能精确计算位置(X 、 Y 坐标),同时测量由于笔与板间距离(压力大小)形成的电容值的变化,确定 Z 坐标,最终完成 X 、 Y 、 Z 坐标值的确定。电容式触控板的手写笔无须电源供给,特别适合便携式产品。

5.3 输出设备

计算机输出设备的功能是将计算机内部处理的结果,如编辑好的文稿、编写调试后的程序、设计好的工程图、处理过的图像、计算得到的数据等,由计算机二进制编码的形式转换为人类能够接受的各种媒体形式并输出。常用的输出设备有显示设备、打印输出设备两大类。其中,显示器是在屏幕上输出信息,进行人机对话的监视设备。显示器屏幕上的字符、图形不能永久记录下来,一旦关机,屏幕上的信息也就消失了,所以显示器又称为“软拷贝”装置。打印机是按照用户要求的格式,以人能识别的字符、数字、图形和符号等形式输出到纸面上的设备,因为信息能够“永久”保存,又被称为“硬拷贝”装置。

5.3.1 显示器

显示器的功能是在屏幕上迅速显示计算机的信息,并允许人们在利用键盘将数据和指令输入计算机时通过机器的硬件和软件功能,对同时显示出来的内容进行增删和修改。目前显示器主要包括 CRT(Cathode Ray Tube,阴极射线管)显示器、LCD(Liquid Crystal Display,液晶显示器)、PDP(Plasma Display Panel,等离子显示器)。CRT 显示器体积大、功耗大,已渐渐退出历史舞台。LCD 因为体积小、重量轻、功耗小、无辐射、画面柔和,已日渐普及。PDP 也作为新一代的显示设备快速发展起来。

1. CRT 显示器

按屏幕表面曲度来分,CRT 显示器分为球面显像管、平面直角显像管、柱面显像管、纯平显像管 4 种类型。目前市场上还能见到纯平显像管显示器,这种显像管在水平和垂直两个方向上都是笔直的,整个显示器外表面就像一面镜子那样平,而且屏幕图形和文字的失真、反光都降得很低。

CRT 显示器的整体结构如图 5-7 所示,由电子枪、视频放大驱动器及同步扫描电路 3 部分组成。当阴极射线管的灯丝加热后,由视频信号放大驱动电路输出的电流驱动阴极,使之发射电子束(俗称电子枪)。CRT 显示器由红、绿、蓝三基色阴极发射的三色电子束(强度由视频信号的有/无控制),经栅极、加速极(第一阳极)和聚焦极(第二阳极),并在高压极(第三阳极)的作用下,形成有一定能量的电子束向荧光屏冲射。在垂直偏转线圈和水平偏转线圈经相应扫描电流驱动产生的磁场控制下,三色电子束就会聚到荧光屏内侧金属荫罩板上的某一小孔中,并轰击荧光屏的某一位置。此时,涂有荧光粉的屏幕被激励而出现红、绿、蓝三基色之一或由三基色组成的其他各种彩色点。荧光屏的发光亮度随加速极电压的增加而增加。但通常是控制阴极驱动电流(由加亮驱动电路实现)使亮度发生变化。

2. LCD

LCD 是一种采用液晶为材料的显示器。它具有体积小、重量轻、省电、辐射低、易于携带等优点。液晶是介于固态和液态间的有机化合物。将其加热会变成透明液态,冷却后会变成结晶的混浊固态。在电场作用下,液晶分子会发生排列上的变化,从而影响通过其的光线变化,这种光线变化通过偏光片的作用可以表现为明暗的变化。就这样,人们通过对电场的控制最终控制了光线的明暗变化,从而达到显示图像的目的。下面简单介绍几种 LCD 的原理。

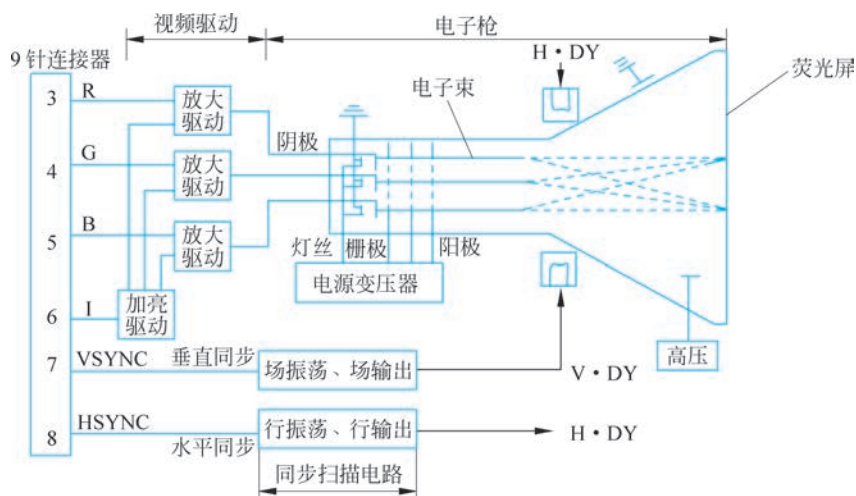
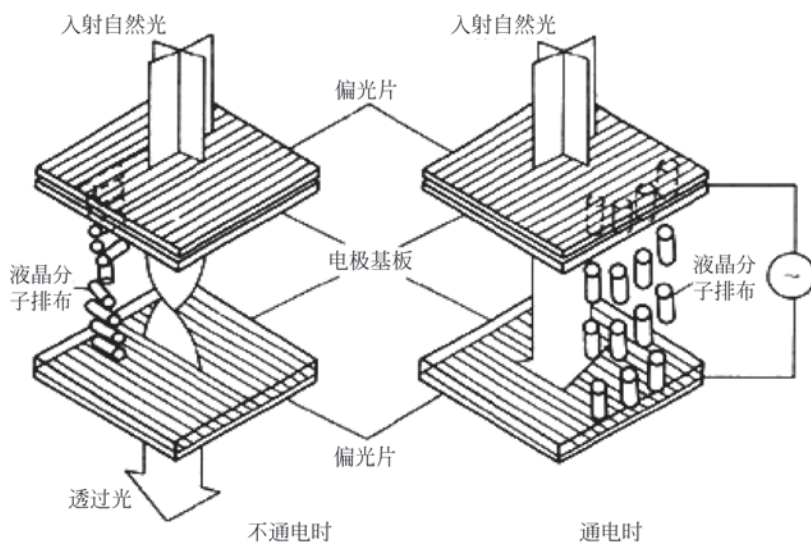


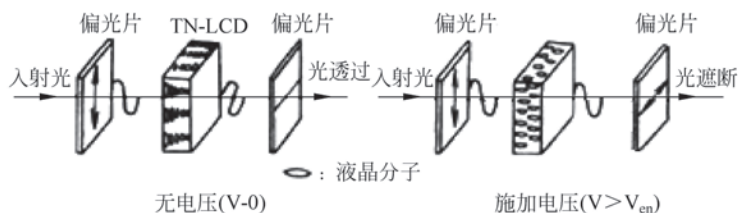
图 5-7 彩色 CRT 结构示意图

1) 扭曲型液晶显示器

扭曲型液晶显示器的(Twisted Nematic Liquid Crystal Display, TN 型液晶显示器)主要包括垂直方向与水平方向的偏光片、具有细纹沟槽的配向膜、液晶材料以及导电的玻璃基板等部分,如图 5-8 所示。



(a) TN型液晶显示器分子排布与透光示意图



(b) TN型液晶显示器光电效应原理

图 5-8 TN 型液晶显示器显示原理

在不加电场的情况下,入射光经过偏光片后通过液晶层,偏光被分子扭转排列的液晶层旋转 90° ,离开液晶层时,其偏光方向恰与另一偏光片的方向一致,光线能顺利通过,并使整个电极面呈光亮;当加入电场时,每个液晶分子的光轴转向与电场方向一致,液晶层因此失去了旋光的能力,结果来自入射偏光片的偏光方向与另一偏光片的偏光方向成垂直的关系,并且无法通过,电极面因此呈现黑暗的状态。其显像原理是将液晶材料置于两片贴附光轴垂直偏光片的透明导向玻璃间,液晶分子会按配向膜的细沟槽方向依序旋转排列,如果电场未形成,光线会顺利地从偏光片射入,依液晶分子旋转其行进方向,然后从另一边射出。如果在两片导电玻璃通电之后,两片玻璃间会造成电场,进而影响其间液晶分子的排列,使其分子棒进行扭转,光线便无法穿透,进而遮住光源。这样所得到的光暗对比的现象叫作扭转式向列场效应(Twisted Nematic Field Effect, TNFE)。

TN型液晶显示器件的基本结构原理是:将涂有氧化铟锡(ITO)透明导电层的玻璃光刻上一定的透明电极图形,将这种带有透明导电电极图形的前后两片玻璃基板夹持上一层具有正介电各向异性的向列相液晶材料,四周进行密封,形成一个厚度仅为数微米的扁平液晶盒。由于在玻璃内表面涂有一层定向层膜,并进行定向处理,因此在盒内液晶分子沿玻璃表面平行排列。但由于两片玻璃内表面定向层定向处理的方向互相垂直,液晶分子在两片玻璃之间呈 90° 扭曲,这就是扭曲向列液晶显示器件名称的由来。

由于TN型液晶显示器件中液晶分子在盒中的扭曲螺距远比可见光波长大多,当沿一侧玻璃表面的液晶分子排列方向一致或正交的直线偏振光射入后,其偏光方向在通过整个液晶层后会被扭曲 90° 由另一侧射出,因此液晶盒具有在平行偏振片间可以遮光,而在正交偏振片间可以透光的作用和功能。如果这时在液晶盒上施加电压并达到一定值,液晶分子长轴将开始沿电场方向倾斜,当电压达到约两个倍阈电压后,除电极表面的液晶分子外,所有液晶盒内两个电极之间的液晶分子都变成沿电场方向的再排列。这时, 90° 旋光的功能消失,在正交偏振片间失去了旋光作用,使器件不能透光。由于面在平行偏振片之间失去了旋光作用,使器件也不再能遮光。因此,如果将液晶盒放置在正交或平行偏振片之间,可通过给液晶盒通电使光改变其透一遮住状态,从而实现显示。平时我们看见液晶显示器件时隐时现的黑字,不是液晶在变色,而是液晶显示器件使光透过或使光被吸收所致。

2) 薄膜晶体管

薄膜晶体管(Thin Film Transistor, TFT)型液晶显示器的构件包括荧光管、导光板、偏光板、滤光板、玻璃基板、配向膜、液晶材料、晶体管(FET)等。液晶显示器利用背光源(荧光管投射出的光源),先经过偏光板,再经过液晶,由液晶分子的排列方式改变穿透液晶的光线角度,然后这些光线经过彩色的滤光膜与另一块偏光板。因此,只要改变刺激液晶的电压值就可以控制最后出现的光线的强度与色彩,在液晶面板上变化出不同深浅的颜色组合。TFT型液晶显示器也采用两夹层间填充液晶分子的设计,左边夹层的电极为FET,右边夹层的电极为公共电极。在液晶的背部设置了荧光管,光源路径从右向左。光源照射时先通过右偏振片向左透出,借助液晶分子传导光线。在FET电极导通时,液晶分子的排列状态发生改变,并通过遮光和透光达到显示的目的。由于FET晶体管具有电容效应,能够保持电位状态,直到FET电极下一次再加电改变其排列方式为止。

在彩色LCD面板中,每个像素都是由3个液晶单元格构成的,每个单元格前面设置红色、绿色、蓝色的过滤器,经过不同单元格的光线可在屏幕上显示出不同的颜色。LCD屏含有固定数量的液晶单元,全屏幕只能使用一种分辨率显示(每个单元就是一个像素)。

相比 CRT, LCD 不存在聚焦问题, 因为每个液晶单元单独配置开关。所以一幅图在 LCD 屏幕上显示得更加清晰。LCD 也不必关心刷新频率和闪烁(液晶单元或开或关), 所以在 40~60Hz 这样的低刷新频率下显示的图像不会比 75Hz 下显示的图像更闪烁。现在, 绝大多数应用于笔记本或桌面系统的 LCD 都使用薄膜晶体管。

3) LED 液晶显示器

LED 液晶显示器用 LED 代替了传统的液晶背光模组, 亮度高, 可以在寿命范围内实现稳定的亮度和色彩表现。LED 功率易控制, 无论在明亮的户外还是黑暗的室内, 用户都很容易把显示设备的亮度调整到最悦目的状态。

3. PDP 显示器

PDP 显示器又称电浆显示器。电浆, 或称为离子化气体, 其成分包括气体原子、阳离子及电子, 被称为除了固态、液态、气态外的物质的第四态。从工作原理上讲, 等离子体技术与其他显示方式相比存在明显的差别。等离子显示技术的成像原理是在显示屏上排列上千个密封的小低压气体室, 通过电流激发使其发出肉眼看不见的紫外光, 然后紫外光碰击后面玻璃上的红、绿、蓝 3 色荧光体发出肉眼能看到的可见光, 以此成像。每个小低压气体室(CELL)的结构如图 5-9 所示。

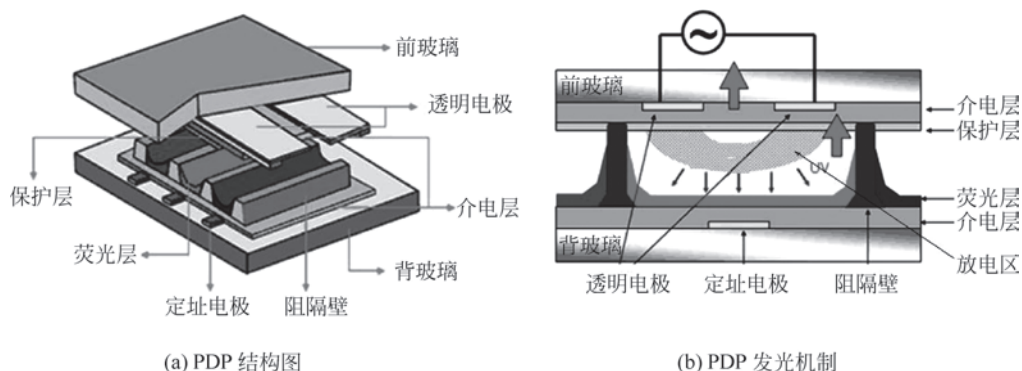


图 5-9 PDP 显示器显示原理

5.3.2 打印机

1. 概述

打印设备是计算机的重要输出设备之一, 它可将机器处理的结果以字符、图形等人们所能识别的形式记录在纸上, 作为硬拷贝长期保存。为适应计算机飞速发展的需要, 打印设备已从传统的机械式打印发展到新型的电子式打印, 从逐字顺序打印发展到成行或成页打印, 从窄行打印(每行打印几十个字符)发展到宽行打印(每行打印上百个字符), 并继续朝着不断提高打印速度、降低噪声、提高印刷清晰度、实现彩色印刷等方向发展。

打印设备品种繁多, 根据不同的工作方式、印字方式和字符产生方式, 可将打印设备分为如下几种类型, 如图 5-10 所示。

按工作方式的不同, 打印设备可分为串行打印机和并行打印机两类。

(1) 串行打印时, 一行字符按顺序逐字打印, 速度慢, 衡量打印速度的单位是字符/秒。

(2) 并行打印也称为行式打印, 一次同时打印一行或一页, 打印速度快, 常用行/秒、行/分

或页/分作为速度单位。

按印字方法的不同,又可将打印设备分为击打式打印机和非击打式打印机。

(1) 击打式打印机通过字锤或字模的机械运动推动字符击打色带,使色带与纸接触,并在纸上印出字符。当色带与纸接触的瞬间,若字符和纸处于相对静止状态,则称为静印方式。有的打印机(如快速宽行打印机)则采用飞印方式印字,以提高打印速度。字符被字轮带动高速旋转,在击打瞬间,字符和纸之间有微小的相对位移,故称为飞印或飞打。

(2) 非击打式打印机具有打印速度快、噪声小(或者无噪声)、印刷质量高等优点,它们通过电子、化学、激光等非机械方式来印字。例如激光打印机、磁打印机等利用激光或磁场先在字符载体上形成潜像,然后转印在普通纸上形成字符或图形;喷墨打印机不通过中间字符载体,由电荷控制直接在普通纸上印字;静电印刷机以及热敏、电敏式印刷机等则通过静电、热、化学反应等作用在特殊纸上印出图像。

按字符产生方式来划分,打印设备有字模型和点阵型两类。

(1) 字模型是将字模(活字)装在链、球、盘或鼓上,用打印锤击打字模将字符印在纸上(正印),或者打印锤击打纸和色带,使纸和色带压向字模实现印字(反印)。字模型用在击打式打印机中,印出的字迹清晰,但组字不灵活,且不能打印图形、汉字等图像。

(2) 点阵打印机不用字模产生字符,而是将字符以点阵形式存放在字符发生器中。印字时,用取出的点阵代码控制打印头的针在纸上打印出字符的点阵图形。常用的字符点阵为 5×7 、 7×9 、 9×9 ,汉字点阵为 24×24 。点阵打印机组字灵活,可以打印各种字符、汉字、图形、表格等,且打印质量越来越高。针式打印机及所有非击打式打印机均采用点阵型。

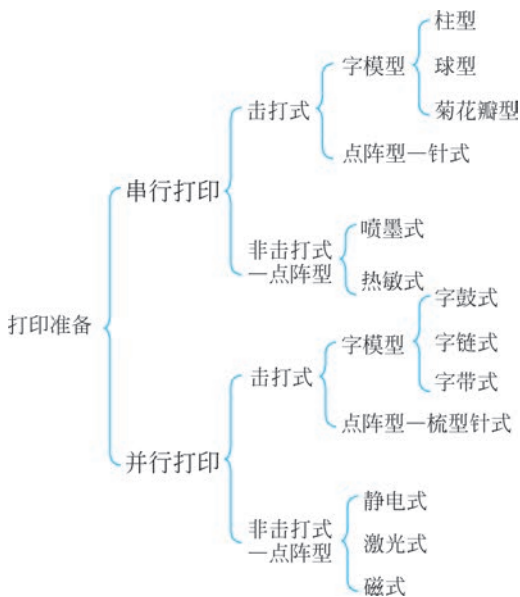


图 5-10 打印机分类图

目前用于各计算机系统的打印设备主要是宽行打印机、点阵打印机、激光印刷机及喷墨打印机等。接下来简单介绍点阵打印机、喷墨打印机和激光打印机的基本原理。

2. 点阵打印机

点阵打印机是一种击打式打印机,靠打印头打击色带,色带与纸接触,在纸上印出字符。

大多数点阵打印机的打印纸是连续的,即上千张打印纸头尾连接在一起,打印纸的两边有

小孔,以便将打印纸送入打印机。每张纸相连处都有分割线,用户很容易把打印纸分成标准大小(如 8.5×11 英寸(1英寸=2.54厘米))。许多点阵打印机既支持纵向打印,也支持横向打印。

点阵打印机中的打印头一般有9~24根针。针数越多,表明印出每个字符的点越多,字符质量越高。大多数点阵打印机的速度是300~1100字符/秒(cps),速度与所要求的打印质量有关。点阵打印机一般用于税务、银行、医院等部门的票据打印。

下面简述点阵打印机的结构及工作过程。

1) 基本结构

从一台点阵打印机完成的基本功能而言,其内部结构可分为如下几部分。

(1) 接口控制部件

该部件的功能是接收系统的打印控制命令和打印数据,并返回打印机的操作状态。

(2) 中央控制部件

该部件是打印机的核心,由以微处理器为中心的控制电路组成,主要包括8位微处理器、行缓存RAM和点阵发生器ROM。

① 微处理器完成两个功能,一是按打印控制命令和接收的打印数据完成指定的打印功能,并将打印机状态返回给系统和操作面板;二是控制直流伺服电动机和步进电机的动作,完成辅助打印功能,如回车、走纸等。

② 行缓存RAM用于存放一行待打印的点阵数据,容量通常为几千字节,有的配置几十万字节。若是字符打印,则系统发送的打印数据是字符码,打印机接受后到其内部的ROM点阵发生器检索并取出相应的点阵数据存放于此;若是图形打印,则系统发送的打印数据本身便是点阵数据,即直接存放于此。

③ 点阵发生器ROM用于ANK字符(字母、数字、片假名)的点阵发生器,容量通常为几千字节或几万字节。在打印机处于字符方式下,它的功能是根据系统发送的打印数据,由ROM检索出相应的点阵数据保存在行缓存RAM中。除此之外,打印机内部微处理器执行的所有程序均固化在此。

(3) 打印头及打印驱动部件

该部件接收行缓存RAM中打印的点阵信息。根据信息1或0,打印驱动电路驱使打印头的相应针动作或不动作。

(4) 打印机械控制部件

图5-11给出了该部件的机构组成,包括小车驱动机构、走纸机构、色带旋转机构、编码器和伺服电机与步进电机等。

其中,小车驱动机构中,小车拖着打印头,按直流伺服电机旋转方向进行水平正向或反向运动。走纸机构则由步进电机控制,每旋转一步驱使滚筒顺时针旋转一角度(由行距控制,可变)。同时,通过纸牵引器使打印纸向前移动,某些型号的打印机还可使打印纸向后移动。而色带旋转机构将环形色带装在色带盒内,当小车在伺服电机的作用下运动时,使色带驱动轴也随之进行同一方向的旋转,带动色带在色带盒内周而复始地循环。

编码器的作用是记载小车的当前位置,其检测值供中央控制部件控制直流伺服电机的旋转方向,从而使小车驱动部件驱使打印头到达下一目标位置。

当打印机工作时,伺服电机控制小车的移动,步进电机控制走纸机构的走纸。

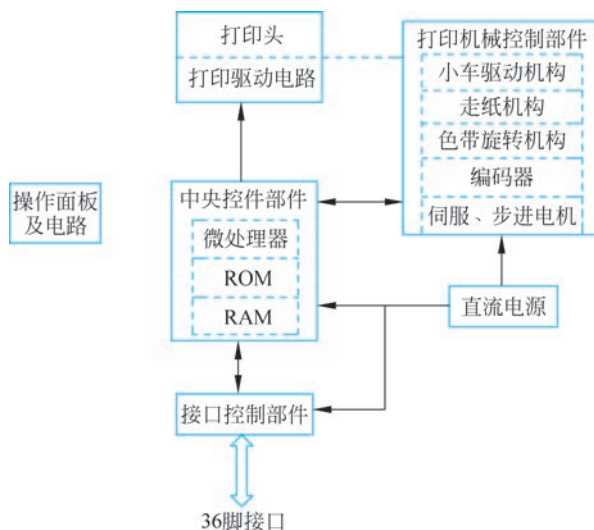


图 5-11 一台点阵打印机的结构框图

(5) 操作面板及电路

该面板上的按钮与指示灯随不同的打印机而异,但总的功能包括电源接通、联机或脱机、自检、报警、走纸控制等。

2) 工作原理

打印机被初始化后,如无故障,则进入接码阶段,接码工作的任务就是接收主机发来的数据。在读入一个数据后,首先判断是功能码还是字符代码,如果是功能码,则转入相应的功能码处理程序。若是字符代码,则把字符代码送入行缓存 RAM 中,此字符代码经地址译码到字符发生器 ROM 中找到相应打印码的字符点阵,再存入行缓存 RAM 中;若在图形方式下打印,则接收的是图形点阵数据,直接存放在行缓存 RAM 中。当接收到的功能码是打印命令(如 CR、FF、VF、LF 等),或行缓冲打印区已满,则进入打印处理程序。

打印处理程序首先确定第一个连续打印的首、尾指针(查找打印的缓冲区,将第一个和最后一个非空白的打印码地址送入打印码首尾取数指针中)。之后按照行缓存 RAM 中的字符或图形编码驱动打印头,击打色带在打印纸上打出信息。一行打印完毕后,启动走纸电机,驱动打印纸走纸一行。若是自左到右地正向打印,则先进行奇数针打印,再进行偶数针打印。若反向打印,则奇偶针的打印顺序与正向打印相反。为了提高打印速度,在打印处理程序中还要对一定长度的空格码(例如连续 5 个空格码)进行无动作的处理,使字车以较快速度通过此区,以缩短打印的时间。

3. 喷墨打印机

喷墨打印机是一类非击打式的串行打印机。它将微小的墨水滴喷射到打印纸上印出字符和图形。喷墨打印机可打印彩色或黑白文件,分辨率一般为 600 点/英寸或更高,可以输出高质量的文本或高分辨率的图像。

喷墨打印机按工作原理分为固态喷墨和液态喷墨两种。固态喷墨是美国泰克(Tektronix)公司的专利技术,它使用的相变墨在常温下为固态,打印时墨被加热液化后喷射到纸张上,并渗透其中,附着性相当好,色彩极为鲜艳。但这种打印机昂贵,适合专业用户选用。通常所说的喷墨打印机指的是采用液态喷墨技术的打印机。液体喷墨打印机技术在原理上又分成两

种：一种是连续(Continuous)喷墨方式,另一种是间断(Drop on Demand)喷墨方式。

连续喷墨方式连续不断地喷射墨流,但不需要打印时,由一个专用的腹腔来储存喷射出的墨水,过滤后重新注入墨水盒中,以便重复使用。这种机制比较复杂。而间断喷墨方式比较简单,它仅在打印时喷射墨水,因而不需要过滤器和复杂的墨水循环系统。间断喷墨方式的驱动部分又有两种不同的技术:一种是压电式(Piezoelectric)间断喷墨,另一种是热敏式(Thermal)间断喷墨。

压电式间断喷墨方式采用一种特殊的压电材料,当电压脉冲作用于压电材料时,产生形变并将墨水从喷口挤出,射在纸上。接下来以热敏式间断喷墨为例简述喷墨打印机的工作原理,如图 5-12 所示。

热敏式间断喷墨方式采用一种发热电阻,当电信号作用于其上时,迅速产生热量,使喷嘴底部的一薄层墨水在华氏 900° 以上的温度下保持百万分之几秒后汽化,产生气泡,随着气泡的增大,墨水从喷嘴喷出,并在喷嘴的尖端形成墨滴。喷嘴末端安装的压电晶体高频振荡,使墨滴喷出的速度达每秒 10^5 滴。墨滴的直径只有 0.5mm。小墨滴克服墨水的表面张力喷向纸面,形成打点。当发热电阻冷却时,气泡自行熄灭,气泡破碎时产生的吸引力就把新的墨从储墨盒中吸到喷头,等待下一次工作。各墨滴之间的距离只有 0.1mm。

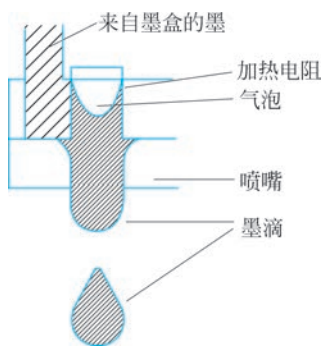


图 5-12 热敏式喷墨打印机的原理图

喷嘴安装在墨盒里,步进电机带动墨盒沿打印纸的水平方向运动,而打印纸相对于喷嘴纵向前进。从打印机控制器传来的要打印的信息,经过打印机的字符发生器转化为点阵信息,用于控制墨滴的运动轨迹,这样就在打印纸上印出了图像。

彩色喷墨打印机通常有两个墨盒,一个黑色墨盒用于打印黑白图像,彩色墨盒中包括青色、品红和黄色 3 种颜色的墨水,4 种颜色(包括黑色)的墨水按照一定比例组合即可产生多种颜色,印出彩色图像。

4. 激光打印机

激光打印机具有打印质量高、速度快、安静的特点,但与喷墨打印机比其价格高、便携性差,所以通常安装在办公室,几台计算机利用网络共享一台激光打印机。由于彩色激光打印机价位更高,因此大多数激光打印机都是黑白或灰度打印机,用于打印文本或简单的图像。激光打印机的分辨率为 600~1200dpi,每分钟可打印 4~20 张纸。

激光打印机利用激光扫描技术将经过调制的、载有字符点阵信息或图形信息的激光束扫描在光导材料上,并利用电子摄影技术让激光照射过的部分曝光,形成图形的静电潜像。再经过墨粉显影、电场转印和热压定影,便可在纸上印刷出可见的字符或图形。

1) 基本结构

激光打印机主要由打印控制器和打印装置构成。

(1) 打印控制器。

负责接收从主机传来的打印数据,并把这些数据转换为图像。

控制系统对激光打印机的整个打印过程进行控制,包括控制激光器的调制;控制扫描电机驱动多面棱镜匀速转动,进行同步信号检测,控制行扫描定位精度;控制步进电机驱动感光

鼓等速旋转,保证垂直扫描精度,使激光束每扫描一行都与前一行保持相等的间距。此外,还对显影、转印、定影、消电、走纸等操作进行控制。接口控制部分接收和处理主机发来的各种信号,并向主机回送激光打印机的状态信号。

控制电路的简化框图如图 5-13 所示。打印机装有一个激光二极管,它能快速接通或断开,从而在打印机上形成要打印的点或空白。打印开始时,控制电路扫描存储器中的内容,在每一个打印点中,电路确定是打印还是空白。当要打印点时,激光二极管便接通。

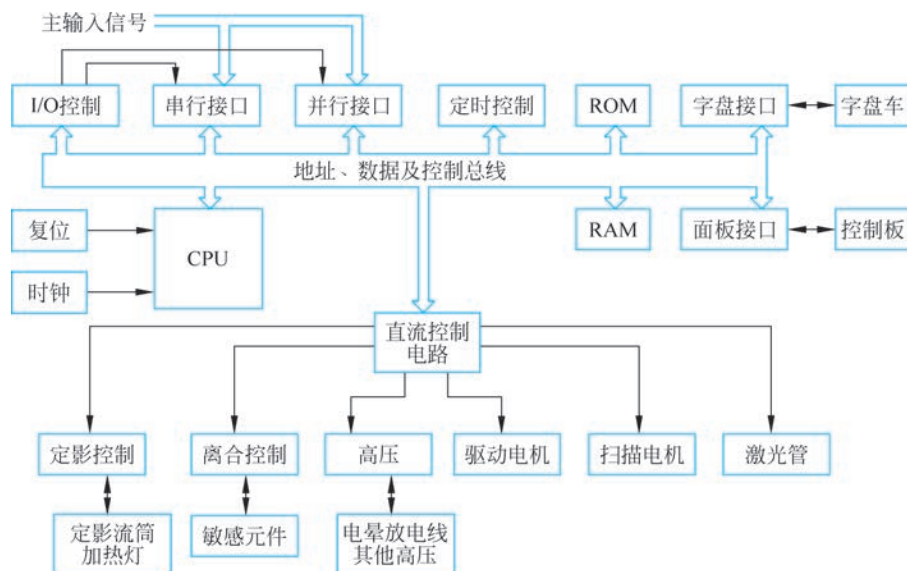


图 5-13 控制电路的简化框图

(2) 打印装置。

图 5-14 描述了其内部结构,是一组电子与机械相结合的系统。它能把打印控制器生成的点阵图形打印出来。打印装置有自己的处理器,用来控制引擎和电路。打印装置由以下部件构成:激光扫描装置、感光鼓、硒鼓、显影装置、静电滚筒、黏合装置、纸张传送装置、清洁刀片、进纸器和出纸托盘。

① 激光扫描装置。

激光扫描装置是激光打印机的核心部件,它是激光写入部件,也称激光打印头。激光扫描装置由光源、光调制器、光学系统和光偏转器等构成。

光源作为光源的激光,除特殊机型外,早年的大型高速设备都用 He-Ne 激光,近年来大力发展的低速机型多用半导体激光。He-Ne 激光之所以是早年应用最多的一种光源,原因就是这种激光器具有长寿命、高可靠性能、低噪音、低成本的优点。寿命可达 1 万小时以上,输出稳定度可达 95% 以上,噪音一般都能控制在 1%rms(root-mean-square)左右。

随着半导体激光器性能的改进,激光式打印机的光源越来越多地采用这种光源。半导体激光器的芯片可做到 0.5mm 以下,包括散热板在内也不超过数厘米,由于可以直接调制激光器的驱动电流,能实现高达吉赫兹频率的高速调制,而且不需要光调制器,因此可以实现小型化,容易降低造价,已成为当前激光打印机的主要光源。

• 光调制器

根据打印信息对激光束的调制方法,有的利用电光效应的 EO 调制器,有的则利用声光效应的 AO 调制器。EO 调制器的调制频带可达到吉赫兹数量级,能进行高速调制,但存在温度

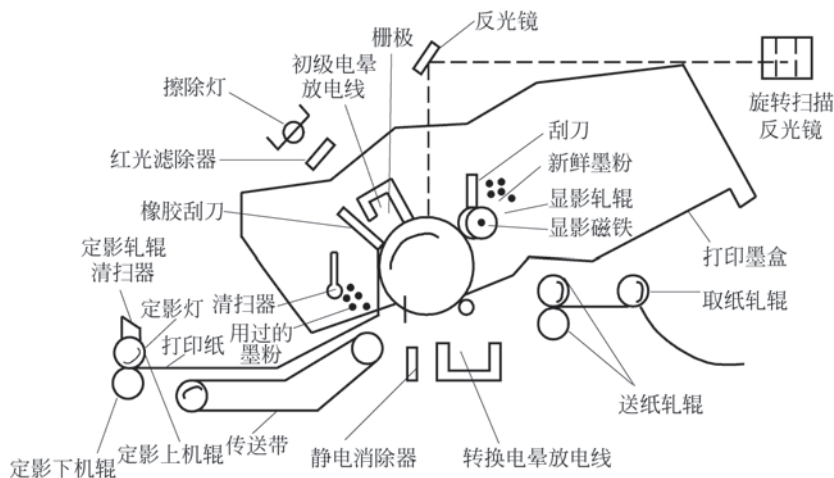


图 5-14 激光打印机的内部构造示意图

特性不稳的问题,为稳定工作需采取温度补偿措施,而且成本高,因而目前的激光式打印机都不采用这种调制器。AO 调制器的调制频率可达 30MHz 左右,特性稳定,价格也较便宜,因此所有采用气体激光的打印机,几乎都利用这种调制器。

• 光学系统

为使激光束在感光体上生成打印点,需要一套复杂的光学系统。这套光学系统的组成,大致有为使散射的光束变细的聚焦透镜,为扩大光束的扩展透镜,以及光束整形透镜等一组透镜群。其中,有对偏转器等角速度扫描的光束,使其在感光体表面上形成等速直线扫描的光束门透镜,有为缓和偏转器的精度要求的转镜界面校正透镜。采用半导体激光器时,因为发出的是一种椭圆形散射的光束,为提高光束的利用效率,所以需设计相应的耦合透镜。由于半导体激光器发出的光束是不规则的,因此同一种耦合透镜不一定适用于所有的半导体激光器。

• 光偏转器

光偏转器也是为实现激光扫描记录的重要部件之一。作为固体偏转器,有 EO 偏转器和 AO 偏转器,都是比较理想的偏转器。机械偏转器有检测电流的检流偏转镜和高速转动的多面转镜。检流偏转镜的实用扫描频率只能达到几百赫兹,为了实用需提高至数千赫兹,因而多数激光式打印机都采用多面转镜。

② 感光鼓。

感光鼓是成像的核心部件,它一般是用铝合金制成的一个圆筒,鼓面上再涂敷一层感光材料(如硒-碲-砷合金或硒等)。通常情况下,感光涂层是很好的绝缘体,如果在感光鼓的外表面上加负电荷,则这些电荷会停留在上面不动。然而一旦感光鼓某一部分受光照射,该部分就变成导体,它表面上分布的电荷就会通过导体排入地,而未受光照的部分的电荷依然存在。激光打印机工作时,首先将感光鼓在黑暗中均匀地充上负电荷。当激光束投射到鼓的表面的某一个点时,这个点的静电便被释放掉,这样在鼓的表面便产生一个不带电的点,从而形成字符的静电潜像。鼓以一种相对缓慢但又绝对恒定的速度旋转,使激光能够在鼓的表面形成连续的、没有空隙的纵向投射。

③ 硒鼓。

硒鼓是用来盛碳粉的装置。有些打印机的硒鼓与感光鼓装在一起,被称为打印组件。碳粉是从许多特殊的合成塑料炭灰、氧化铁中产生的。碳粉原料被混合、熔化、重新凝固,然后被粉碎成大小一致的极小的颗粒。碳粉越细微、越均匀,所产生的图像就越细致。

④ 显影装置。

实际上就是一条覆盖有磁性微粒的滚轴。这些带有磁性的微粒附着在滚轴的表面,就像一个极为精细的刷子。这条滚轴分别与感应鼓和硒鼓紧靠在一起,当滚轴滚动时,滚轴表面的小颗粒先从硒鼓那里刷来一层均匀的碳粉,然后这些碳粉在经过感应鼓时便被吸附到感应鼓的表面。打印机的显影装置有对碳粉进行充电的功能,因为若想使碳粉只被感应鼓表面不带有静电的那部分(即被激光扫描过的点位)所吸附,则必须使碳粉带有电荷,使鼓的表面吸附碳粉,形成一个极为清晰的图像。

⑤ 纸张传送装置。

纸张传送装置是激光打印机最重要的机械装置。这个装置通过两根由马达驱动的滚轴来实现对纸张的传送。纸张由进纸器开始,经过感光鼓、加热滚轴等部件,最后被送出打印机。激光打印机中的滚动设备,如感光鼓、磁性滚轴和送纸滚轴的转动必须是同步进行的,它们的速度必须保持一致才能确保精确的打印输出。

⑥ 黏合装置。

纸张经过传送装置经过感光鼓时,鼓表面所附着的碳粉又被吸附到纸的表面。为了使碳粉永久地附着在纸张表面,必须对碳粉进行黏合处理。在激光打印机内部有两根紧靠在一起的非常热的滚轴,它们的作用便是对从其间经过的纸张加热,使碳粉熔化从而黏合在纸张的表面。

2) 工作原理

激光打印机的工作原理与静电复印机类似,二者都采用电子照相印刷技术。激光打印机的打印过程分7步进行。

(1) 充电。

预先在暗处由充电电晕靠近感光鼓放电,使鼓面充以均匀的负电荷。

(2) 曝光。

主机输出的字符代码经接口送入激光打印机的缓冲存储器,通过字符发生器转换为字符点阵信息。调制驱动器在同步信号控制下,用字符点阵信息调制半导体激光器,使激光器发出载有字符信息的激光束。这种激光束是发散的,经透镜整形成为准直光束,并照射在多面转镜上,再通过聚焦镜将反射光束聚焦成所需要的光点尺寸,然后光束沿感光鼓轴线方向匀速扫描成一条直线。

当充有电荷的鼓面转到激光束照射处时,便进行曝光。由于激光束已按字符点阵信息调制,使鼓面上显示字符的部分被光照射,而不显示字符的部分不被光照射。光照部分电阻下降,电荷消失,其他部分仍然保持静电荷,于是在鼓面形成一行静电潜像。转镜每转过一面,由同步信号控制重新调制激光束,并在旋转的鼓面上再次扫描,形成下一行静电潜像。

(3) 显影。

当载有静电潜像的感光鼓面转到显影处时,磁刷中带有负电荷的墨粉便按鼓面上静电分布的情况,被吸附在鼓面上的静电潜像上,从而在鼓面显影成可见的字符墨粉图像。

(4) 转印。

墨粉图像随鼓面转到转印处,在纸的背面用转印电晕放电,使纸面带上与墨粉极性相反的

静电荷,于是墨粉便靠静电吸引而黏附到纸上,完成图像的转印。

(5) 分离。

在转印过程中,静电引力使纸紧贴鼓面。当感光鼓转至分离电晕处时,用电晕不断地向纸施放正、负电荷,消除纸与鼓面因正、负电荷所产生的相互吸引力,使纸离开鼓面。

(6) 定影。

转印到纸上的墨粉像如不经处理,很容易被抹掉。因此,在墨粉中还加有含高分子的有机树脂成分,并在高温状态下熔化,熔化后的墨粉再凝固,就可以永久地黏在纸张表面。所以与感光鼓脱开的打印纸还要经过一对定影热辊(即黏合装置)。上轧辊装有一个高温灯泡,当打印纸通过这里时,灯泡发出的热量使墨粉中的树脂溶化,两个轧辊之间的压力又迫使溶化后的墨粉进入纸的纤维中,将墨粉紧密地黏合在纸上,形成最终的打印结果,这一过程称作定影。定影轧辊上涂有特氟龙涂料,防止加热后墨粉黏在上面。还有一块涂有硅油的抹布,将黏在轧辊上的多余墨粉和灰尘抹掉。

(7) 消电与清洁。

完成转印后,感光鼓表面还留有残余的电荷和墨粉。当鼓面转到消电电晕处时,利用电晕向鼓面施放相反极性的电荷,使鼓面残留的电荷被中和掉。感光鼓再转到清扫刷处,刷去鼓面的残余墨粉。这样,感光鼓便恢复原来的状态,可开始新的一次打印过程。

由于要将打印的内容转换为位图形式,因此驱动激光打印机的软件较复杂。便宜的激光打印机由相连的计算机完成格式的转换,之后将转换好的位图发送给打印机。而价格高的激光打印机内部嵌入了微处理器,转换过程由打印机中的微处理器完成。较昂贵的打印机可以接收 Adobe 公司的 Postscript 格式文件。

5.3.3 多模态与 3D 打印

1. 多模态

20 世纪以来,多模态这一概念被广泛应用于教育学和认知科学等各个领域。近年来,描述相同或相关对象的多源数据在互联网场景中呈指数级增长,多模态已成为新时期信息资源的主要形式。相较于图像、语音、文本等多媒体数据划分,模态是一个更细粒度的概念,同一媒介下可存在不同的模态。概括来说,多模态可能具有以下 3 种形式。

(1) 描述同一对象的多媒体数据,例如互联网环境下描述某一特定对象的视频、图片、语音、文本等信息。

(2) 来自不同传感器的同一类媒体数据,例如医学影像学中不同的检查设备所产生的图像数据,包括 B 超、计算机断层扫描、核磁共振等;物联网背景下不同传感器所检测到的同一对象数据等。

(3) 具有不同的数据结构特点、表示形式的表意符号与信息,例如描述同一对象的结构化、非结构化的数据单元,描述同一数学概念的公式、逻辑符号、函数图及解释性文本等。

2. 3D 打印技术

3D 打印技术又称增材制造,出现于 20 世纪 90 年代中期,是一种快速成形技术。增材制造是相对于传统机加工等减材制造技术而言的,它基于离散/堆积原理,通过材料的逐渐累积来实现制造。3D 打印技术利用计算机将成形零件的 3D 模型切成一系列一定厚度的薄片,3D

打印设备自下而上地制造出每一层薄片,最后叠加成形制造出三维的实体零件。这种制造技术无须传统的刀具或模具,可以实现传统工艺难以甚至无法加工的复杂结构的制造,并且可以有效减少生产工序,缩短制造周期。

根据 3D 打印所用材料的状态及成形方法,3D 打印技术可以分为以下 7 种。

1) 熔融沉积成形

熔融沉积成形(Fused Deposition Modeling,FDM)是以丝状的热塑性材料为原料,通过加工头的加热挤压,在计算机控制下逐层堆积,最终得到成形立体零件。这种技术是目前最常见的 3D 打印技术,技术成熟度高,成本较低,可以进行彩色打印。

2) 光固化立体成形

光固化立体成形(Stereo Lithography Apparatus,SLA)是利用紫外激光逐层扫描液态的光敏聚合物,实现液态材料的固化,逐渐堆积成形的技术。这种技术可以制作结构复杂的零件,零件精度以及材料的利用率高,缺点是能用于成形的材料种类少,工艺成本高。

3) 分层实体制造

分层实体制造(Laminated Object Manufacturing,LOM)以薄片材料为原料,在材料表面涂覆热熔胶,再根据每层截面形状进行切割粘贴,实现零件的立体成形。这种技术速度较快,可以成形大尺寸的零件,但是材料浪费严重,表面质量差。

4) 电子束选区熔化

电子束选区熔化(Electron Beam Melting,EBM)是在真空环境下以电子束为热源,以金属粉末为成形材料,通过不断在粉末床上铺展金属粉末,然后用电子束扫描熔化,使一个个小的熔池相互熔合并凝固,这样不断进行形成一个完整的金属零件实体。这种技术可以成形出结构复杂、性能优良的金属零件,但是成形尺寸受到粉末床和真空室的限制。

5) 激光选区熔化

激光选区熔化(Selective Laser Melting,SLM)的原理与电子束选区熔化相似,也是一种基于粉末床的铺粉成形技术,只是热源由电子束换成了激光束,通过这种技术同样可以成形出结构复杂、性能优异、表面质量良好的金属零件,但目前这种技术无法成形出大尺寸的零件。

6) 金属激光熔融沉积

金属激光熔融沉积(Laser Direct Melting Deposition,LDMD)以激光束为热源,通过自动送粉装置将金属粉末同步、精确地送入激光在成形表面上所形成的熔池中。随着激光斑点的移动,粉末不断地送入熔池中熔化、凝固,最终成形。这种成形工艺可以成形大尺寸的金属零件,但是无法成形结构非常复杂的零件。

7) 电子束熔丝沉积成形

电子束熔丝沉积成形(Electron Beam Freeform Fabrication,EBF)是在真空环境中,以电子束为热源,金属丝材为成形材料,通过送丝装置将金属丝送入熔池并按设定轨迹运动,直到制造出目标零件或毛坯。这种方法效率高,成形零件内部质量好,但是成形精度及表面质量差,且不适用于塑性较差的材料,因此无法加工成丝材。

3D 打印技术能够节省材料,有较高的材料利用率;能够实现更高精度和复杂程度的零部件的生产;可以自动、快速、直接和精确地将设计图纸转化为模型;能够有效缩短产品研发周期等。因此,该技术已得到普及与发展,并广泛应用于医学领域、汽车行业等各行各业。

5.4 I/O 存储器

辅助存储器作为主存的后援存储器,用来存放当前 CPU 暂时不用的程序和数据,需要时再成批地调入主存。从它所处的部位和与主机交换信息的方式来看,它属于外部设备的一种。

辅助存储器的特点是容量大、成本低,可以脱机保存信息。目前主要有磁表面存储器和光存储器两类,如磁盘、磁带,光盘等。下面分别介绍它们的基本原理。

5.4.1 磁表面存储器的基本原理

磁表面存储器存储信息的原理与早期的磁芯存储器相似,它是利用磁性材料在不同方向的磁场作用下,具有两个稳定的剩磁状态来记录信息的。磁表面存储器是把某些磁性材料(最常用的为 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) 均匀地涂敷在载体的表面上,形成厚度为 $0.3\sim 5\mu\text{m}$ 的磁层,信息记录在磁层上。把磁层及其所附着的载体称为记录介质。载体是由非磁性材料制成的,若载体为带状,则称为磁带,一般由聚酯塑料制成,若载体为盘状,则称为磁盘,如果由合金材料制成,则为硬盘,若由塑料制成,则为软盘。

磁表面存储器的读写元件是磁头,它是实现电-磁转换的关键元件。磁头通常由铁氧体或坡莫合金等高磁导率的材料制成,磁头上绕有线圈。磁头铁芯通常呈现圆环或马蹄形,铁芯上有一个缝隙,用玻璃等非磁性材料填充,称为头隙。

磁表面存储器的读/写操作是通过磁头与磁层的相对运动进行的。一般都采用磁头固定,磁层进行匀速平移或高速旋转。由磁头缝隙对准运动的磁层进行读/写操作。

当写入信息时,根据所要写入的信息,按一定的记录方式,在磁头线圈上通以一定方向的电流。若写 1,则通以正向电流;若写 0,则通以负向电流。写入电流使磁头中产生一定方向的磁场,在此磁场作用下,运动到磁头缝隙下的磁层被磁化一个小的区域,称为一个磁化单元。写入信息不同,写入电流的方向不同,磁化单元被磁化的方向也不同,从而写入不同的信息。一个磁化单元的写入过程如图 5-15 所示。

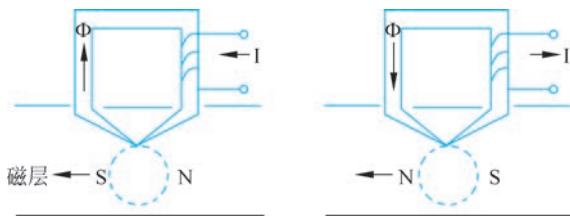


图 5-15 一个磁化单元的写入过程

读出时,被磁化了的磁层相对磁头高速移动,处于剩磁状态的磁化单元经过磁头缝隙,使磁层与磁头交链的磁路中发生磁通变化,此变化的磁通在磁头线圈中产生感应电势,感应电势经读出放大电路放大和整形,在选通脉冲的选通下,读出原写入的信息。

5.4.2 磁记录方式

磁记录方式是一种编码方法,即按照某种规律将一连串的二进制数字信息变换成磁层的磁化翻转形式,并经读写控制电路实现这种转换规律。记录方式的实质是解决在磁头线圈中加入什么样的写入电流波形才能实现所要求的二进制数字信息的写入操作,也就是按何种规

律对写入电流进行编码。磁记录方式有多种,我们仅讨论下面几种常见的记录方式。

1. 归零(RZ)制

它的规则是:若记录1信息,则加正向写入电流脉冲;若记录0信息,则加负向写入电流脉冲,每写入一个信息,电流归零。在这种方式中,相邻两位信息之间,磁头线圈的写电流为0,相应的这段磁层未被磁化。因此,在写入信息前必须先去磁。由于这种方法有未被磁化的空白区,记录密度低,抗干扰能力差,因此目前已不被使用。

2. 不归零(NRZ)制

在这种方式中,若写1,则加正向电流脉冲;若写0,则加负向电流脉冲。与RZ制的主要区别在于:在记录信息时,磁头线圈的写入电流不是正向电流脉冲,就是负向电流脉冲,决不会出现电流为0的状态。这种方式在连续记录相同的信息时,电流方向不变,只有相邻两位信息不同时,电流才改变方向,因此称它为见变就翻的不归零制。

3. 不归零-1(NRZ-1)制

它是归零制的一种改进,又称见1就翻的不归零制。当写1时,磁头线圈的写入电流改变一次方向;当写0时,磁头线圈的写入电流方向维持不变。本方式用于低速磁带机中。

4. 调相(PM)制

调相制又称相位编码(PE)或曼彻斯特码。它利用磁层的磁化翻转方向的相位差表示1或0。假定记录0信息时,规定磁头线圈的写入电流在一个位周期的中间位置从负变正,则记录1信息时,写入电流在位周期中间位置从正变负。当连续写多个0或多个1时,则在两个位周期交界处,写入电流需改变一次方向。这种记录方式常用于磁带机。

5. 调频(FM)制

在这种方式中,若记录1信息,则写入电流在一个位周期中间位置改变一次方向(不管原来方向如何),若记录0信息,则写入电流在位周期中间不改变方向。不论是写0还是写1,在两个位周期交界处,写入电流总要改变一次方向。这种方式在记录1时,磁层磁化翻转频率为记录0时的两倍,因此又称为倍频制。调频制记录方式主要用于早期磁盘中。

6. 改进调频(MFM)制

改进调频制是在调频制的基础上加以改进。若记录1信息,则在位周期中间写入电流改变一次方向;若记录0信息,则在位周期中间写入电流方向不变;若连续写多个0,则在两个0的位周期交界处,写入电流改变一次方向。

图5-16示出了上述各种记录方式的写入电流波形。不同的磁记录方式特点不同,性能各异。评价一种记录方式的优劣标准主要是编码效率和自同步能力等。自同步能力是指从读出的脉冲信号序列中提取同步时钟信号的能力。磁表面存储器为了从读出信号中分离出数据信息,必须要有时间基准信号,称为同步信号。同步信号可以从专门设置用来记录同步信号的磁道中取得,这种方法称为外同步。如果直接从读出信号中提取同步信号,则称为内同步。

自同步能力的大小可以用最小磁化翻转间隔与最大磁化翻转间隔的比值 R 来衡量。比

值 R 越大,自同步能力越强。NRZ 制与 NRZ-1 制记录方式无自同步能力,PM、FM、MFM 记录方式有自同步能力。FM 记录方式的最小磁化翻转间隔是 $T/2$,最大磁化翻转间隔是 T ,其中 T 为位周期,因此 $R_{FM}=0.5$ 。

编码效率又称记录效率,是指每次磁层磁化翻转所存储信息的位数。FM、PM 记录方式中存储一位信息磁层最大磁化翻转次数为 2,因此编码效率为 50%。而 NRZ、NRZ-1、MFM 三种记录方式编码效率为 100%,它们存储一位信息磁层磁化翻转次数最多为一次。

除编码效率和自同步能力外,还有读出信号的分辨能力、频带宽度、抗干扰能力以及编码译码电路的复杂性等。它们都影响记录方式的取舍评价。

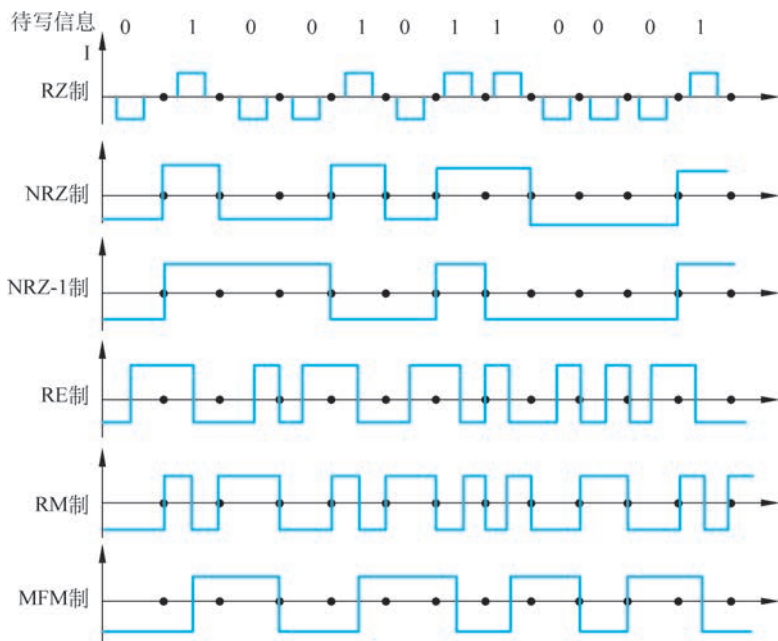


图 5-16 各种磁记录方式

除上述讨论的几种记录方式外,还有改进的改进调频制 M^2FM 、成组编码法 GCR、游程长度受限码 RLLC 等记录方式,它们已广泛用于高密度磁带和磁盘中。成组编码法是把待写入的信息序列按 4 位长度进行分组,然后按某一确定规则将 4 位信息编码为 5 位码字,再把编码字序列按 NRZ-1 制记录方式记录在磁层中。读出时再把读出的编码字序列进行译码,以读出原来存储的信息,采用这种编码可使磁带机存储密度提高到 6250 位/英寸(bpi)。

RLLC 码已广泛用于高密度磁盘中,它实质上是把原始数据序列变换成 0、1 受限制的记录序列,其编码规则是:把待输入的信息序列变换为 0 游程长度受限码,即任何两位相邻的 1 之间的 0 的最大位数 k 和最小位数 d 均受到限制的新编码,然后用 NRZ-1 进行写入。正确地设计 k 、 d 值,可以获得优良的编码性能。

5.4.3 磁盘存储器

磁盘存储器是目前计算机系统中应用最普遍的辅助存储器。磁盘存储器按盘片材料分,有硬盘、软盘两种,硬盘容量大、速度快,软盘对环境要求不高,价格低。

温彻斯特(Winchester)磁盘简称温盘,是一种典型的固定式盘片活动头硬盘存储器。所谓温彻斯特磁盘,实际上是一种技术,它是磁盘向高密度、大容量发展的产物,其主要特点是把

磁头、盘片、磁头定位机构甚至读写电路等均密封在一个盘盒内,构成密封的头-盘组合体。这个组合体不可随意拆卸,它的防尘性能好,可靠性高,对使用环境要求不高。

磁盘存储器由驱动器、控制器和盘片3部分组成。磁盘驱动器又称磁盘机或磁盘子系统,它是独立于主机之外的完整装置。大型磁盘驱动器要占用一个或几个机柜,而微型温盘或软盘驱动器则是比一块砖还小的匣子。驱动器内包含有旋转轴驱动部件、磁头定位部件、读写电路和数据传送电路等。磁盘控制器是主板上的一块专用电路。它的任务是接受主机发送的命令和数据,并转换成驱动器的控制命令和驱动器所要求的数据格式,控制驱动器的读写操作。一个控制器可以控制一台或多台驱动器。盘片是存储信息的介质,硬盘的盘片一般以铝合金为基体,而软盘盘片则是用塑料薄膜制成的。硬盘盘片一般有单片结构和多片组合两种,温盘中一般是多片结构。

1. 硬盘的结构和信息的读写

活动头多盘片硬盘机的主要结构如图5-17所示,由盘片组、读写磁头和定位机构组成。

盘片由铝合金圆盘载体两面涂敷磁胶制成,厚度为1~2mm,片间距为10~20mm,由同心轴带动旋转。通常,盘片组的最上面和最下面不作记录用,作为保护面。每个记录盘面装有一个读写头,读写头可在步进电机或音圈电机驱动下沿磁盘径向移动。磁头和盘面不直接接触,保持一定的距离。当盘片高速旋转时,磁头保持悬浮状态。

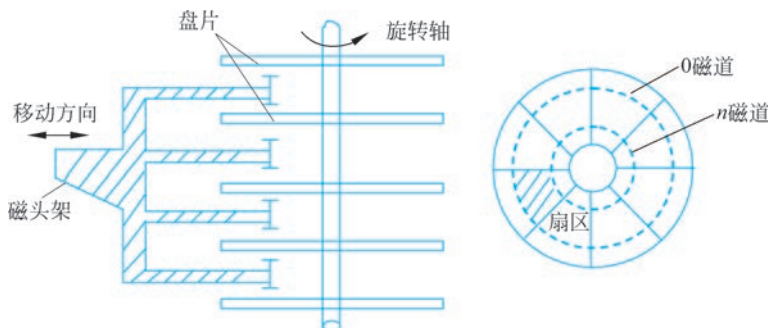


图 5-17 活动头磁盘结构和扇区

在磁盘的记录面上有许多半径不同的同心圆磁道,由外向内给每个磁道编号,最外边的是0号磁道。将盘面沿垂直于磁道的方向划分成若干个扇区,并加以编号,可以连续编号,也可以间隔编号。每条磁道在扇区内的部分称为扇段,每个扇段存储等量的信息。扇段是磁盘信息的基本单位,也就是说,磁盘是以扇段为单位编址的。由于各条磁道的半径不同,因此各条磁道的存储密度是不同的。

如果磁盘组有 n 个记录面,则 n 个面上位于同一半径的磁道形成一个圆柱面,圆柱面数等于一个盘面的磁道数。在读/写过程中,各个盘面的磁头总是处于同一个圆柱面上。存取信息时,可按圆柱面的顺序进行,这样在存取连续数据时,磁头的径向移动动作就会减少(相对于按盘面的顺序进行存取而言),有利于提高速度。于是磁盘地址可表示为:

圆柱面号	盘面号	扇区号
------	-----	-----

该格式表示磁盘信息的地址可由3个具有一定意义的二进制数字段拼接而成。例如,若某盘片组有8个记录面,每个盘面分成256条磁道,8个扇区,当主机要访问其中第5个记录面上,第65条磁道,第7个扇区的信息时,则主机向磁盘控制器提供的地址信息是:

01000001 101 111

如何根据地址信息把读写头定位到相应位置呢?可以看出,圆柱面和盘面的定位都容易实现,困难在于扇段的定位。确定磁盘的扇段地址有许多方法。一般情况下,可设置盘片缺口或孔,通过光源和光敏元件,使盘片每转一圈产生一个索引脉冲和若干个扇标脉冲(硬分段),索引脉冲用来标志磁道信息的起点,此后第一个扇区为 0 扇区,第二个为 1 扇区(连续编址),等等。再利用扇标脉冲作为定时时钟驱动一个计数器,根据计数器的内容,即可确定磁道上的扇段编号。磁道上每一个数据位的同步脉冲可以直接从存储的磁盘信息中分离出来,但对于不包含同步信息的记录方式,则必须由专用磁道来提供定时脉冲。

如果主机配有几台磁盘驱动器,则还应给驱动器编号,用来选择所需的驱动器,此时磁盘信息的地址格式为:

驱动器号	圆柱面号	盘面号	扇区号
------	------	-----	-----

在上述地址格式中,当盘片为单片单面结构时,圆柱面号一栏应改为磁道号。

在活动头系统中,当访问磁盘中某一扇段时,必须由磁道定位机构把读写头沿磁盘半径方向移到相应的磁道位置上,这一时间称为定位时间。定位时间取决于磁头的起始位置与所要求磁道间的距离。定位以后,寻找所需扇区的时间称为等待时间,或称旋转延迟,平均值为磁盘旋转半圈的时间,可为几个毫秒。上述两个延时之和称为磁盘的寻址时间。

读/写操作总是从扇区的边界开始的,每次交换一个扇段的信息。如果写入的内容不满一个扇段,则在该扇段的余下部分重复数据的最后一位。

磁盘和主存间的数据交换可通过 DMA 或通道控制完成。为了保证写入时数据的可靠性,通常在写操作以后启动一个读操作,把从磁盘读出的内容与从主存相应的单元读出的内容进行比较,如果不一致,则经中断系统向 CPU 送一个出错信息。

2. 磁盘的信息记录格式

磁盘信息访问的基本单位是一个磁道的扇区部分,即扇段。图 5-18 表示一个扇段的信息记录格式。

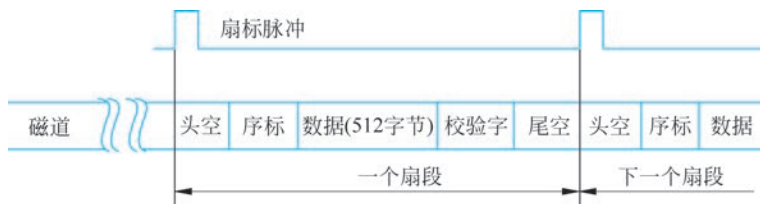


图 5-18 扇段的信息记录格式

由磁盘控制器产生的扇标脉冲标志着一个扇区的开始。每个扇区段由头部空白、序标、数据、校验字、尾部空白等字段组成,其中空白段用来作为地址定位缓冲,便于磁盘控制器做好读写准备,序标部分指出本扇区的地址,以及作为磁盘控制器的同步定时信号,之后即为本扇区记录的数据。校验字用来校验读出的数据是否正确,一般采用循环校验码。

3. 磁盘存储器的主要技术指标

1) 存储容量

存储容量(C)指磁盘组所有盘片能记录的二进制信息的最大数量,一般以字节为单位。

若一个磁盘组有 n 个盘面存储信息,每个面有 T 条磁道,每条磁道分成 S 个扇段,每段存放 B 字节,则:

$$C = n \times T \times S \times B \quad (5-1)$$

存储容量有非格式化容量和格式化容量两个指标,格式化容量指按照特定记录格式所存储的用户可以使用的信息总量,非格式化容量指记录面可以利用的磁化单元总数。格式化容量一般为非格式化容量的 60%~70%。

2) 平均寻址时间

平均寻址时间等于平均磁道定位时间和平均旋转等待时间之和。

3) 存储密度

存储密度可用位密度和道密度来衡量。

(1) 位密度:沿磁道方向单位长度所能存储的二进制位数。位密度又称线密度,单位是位/英寸(bpi)。

(2) 道密度:沿磁盘径向单位长度所包含的磁道数,单位是道/英寸(tpi)或道/毫米(tpm)。

4) 数据传输率

单位时间内磁盘存储器所能传送的数据量,以字节/秒(B/s)为单位。

评价磁盘存储器的技术指标还有误码率(出错信息和读出总信息的位数之比)及价格等。

下面举例说明计算磁盘存储器参数的方法。

例 5-1 设某磁盘由 8 片盘组成,其中最上面和最下面两面不记录信息,已知该盘每个记录面共有 1024 个磁道,每个磁道有 64 个扇区。磁盘转速为 6000 转/分,平均寻道时间为 12ms,启动延迟为 1ms。假设磁盘最内圈直径为 5cm,最外圈直径为 10cm。计算磁盘的容量,磁盘地址需要多少位,磁盘的数据传输率,读写一个扇区的数据需要的平均访问时间,该盘的道密度,最小位密度,以及最大位密度。

磁盘的容量(非格式化容量)为:

$$\begin{aligned} C &= \text{记录面} \times \text{磁道数/面} \times \text{扇区数/道} \times \text{字节数/扇区} \\ &= 14 \times 1024 \times 64 \times 512 (\text{字节}) = 448 \text{MB} \end{aligned}$$

磁盘的地址格式为:

圆柱面号(1024 个柱面)	盘面号(16 个盘面)	扇区号(64 个扇区/面)
----------------	-------------	---------------

所以,磁盘地址需要 20 位。

数据传输率为:

$$Dr = \text{每一磁道的容量} \times \text{每秒转数} = 64 \times 512 \times 6000 / 60 \text{s} = 3200 \text{KB/s}$$

平均访问时间 = 平均寻道时间 + 平均旋转时间 + 启动延迟 + 传送一个扇区数据所需的时间

$$= 12 + 1 + \frac{60 \text{s}}{6000 \times 2} + \frac{512 \text{B}}{3200 \text{KB/s}} = 18.16 \text{ms}$$

$$\text{磁道密度} = \frac{1024}{(10 - 5) / 2} = 409.6 \text{ 道/cm}$$

$$\text{最小位密度} = \frac{8 \times 512 \times 64}{\pi \times 10} = 834.9 \text{ 位/mm}$$

$$\text{最大位密度} = \frac{8 \times 512 \times 64}{\pi \times 5} = 1669.7 \text{ 位/mm}$$

4. 硬盘的垂直记录技术

技术人员实现硬盘扩容的方法就是把平铺在磁盘上用于记录数据的磁微粒不断削小(或提高道密度)来扩大硬盘容量。但磁颗粒变小也有极限,当到达极限时就会导致超顺磁(Superparamagnetic)现象,即承载数据的微粒变得非常小,以至于在室温下任何材料的原子随机振动都会引起数据位的磁定向发生自然逆转,从而致使记录数据丢失。

1977年,被誉为现代垂直记录技术之父的日本岩崎俊教授率先开展了这项技术的研究。希捷公司首先将垂直记录技术的革新产品推向市场。这一全新磁盘存储技术冲破了以往水平记录方式发展的瓶颈。水平记录技术是让数据平躺在磁盘表面上,如图5-19的(a)图所示,而垂直记录技术则是让数据位站立在磁盘表面上,如图5-19的(b)图所示。

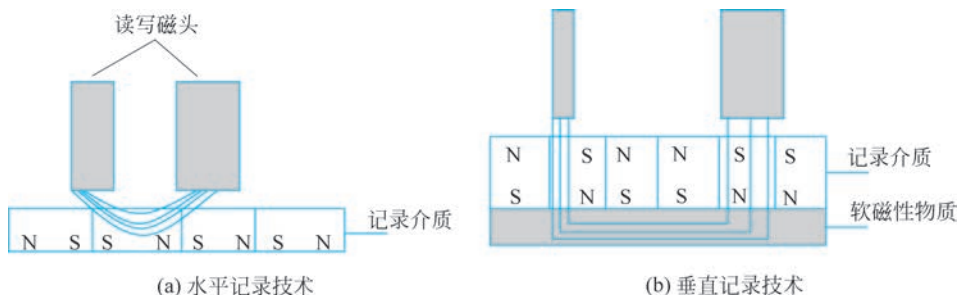


图 5-19 水平记录技术与垂直记录技术

磁微粒垂直排列能使磁盘的位密度更大,提高磁盘总容量,并使得磁头在单位时间内扫描更多的数据位,提高读写能力,减少了读写相等数据量磁盘所转的圈数,降低了能耗,减少了发热。当然,磁头读写数据的工作方式不同。在水平于介质方向上读写数据时,水平记录技术只使用了深层间隙磁场的一部分,没有充分利用磁盘的厚度。而在垂直记录技术中,碟片底下多了一层软磁性物质,该物质会受到周围磁场的作用而带有磁性,并与读写头两个隔开的部分形成磁回路,实现对磁记录单元的读写。

垂直记录技术的硬盘在结构上没有明显变化,依然是由磁盘(超平滑表面、薄磁涂层、保护涂层、表面润滑剂)、传导写入元件(软磁极、铜写入线圈、用于写入磁变换的交流线圈电流)和磁阻读出元件(检测磁变换的 GMR 传感器或者磁盘新型传感器设计)组成的。但磁盘的构造有了改进,增加了软磁底层(Soft Magnetic Underlayer),磁盘材料可以增厚,让小型磁粒更能抵御超顺磁现象的不利影响;软磁底层让磁头可以提供更强的磁场,让其能够以更高的稳定性将数据写入介质;相邻的垂直比特位可以互相稳定。

垂直记录技术的出现,大大推动了大容量、小尺寸的硬盘面世。例如东芝的 1.8 英寸垂直记录硬盘,区域密度达到了 133Gb/平方英寸;希捷的垂直记录硬盘,区域密度达到了 170Gb/平方英寸;日立公司的垂直记录硬盘,区域密度达到了 230Gb/平方英寸。这意味 20GB 的微硬盘和容量为 1TB 的 3.5 英寸硬盘已成为现实。

5.4.4 光盘存储器

光存储技术的产品化形式是由光盘驱动器和光盘片组成的光盘驱动系统。驱动器读写头是用半导体激光器和光路系统组成的光头,记录介质采用磁光材料。光存储技术是通过光学的方法读写数据的一种存储技术,其工作原理是改变一个存储单元的性质。使其性质的变化

反映出被存储的数据,识别这种性质的变化,就可以读出存储数据。光存储单元的性质,例如反射率、反射光极化方向等均可以改变,它们对应存储的二进制数据 0 和 1,光电检测器能够通过检测出光强和光极性的变化来识别信息。高能量激光束可以聚焦成约 $1\mu\text{m}$ 的光斑,因此光存储技术比其他存储技术具有更高的容量。

1. 光盘存储器的类型

根据性能和用途不同,光盘可分为以下几种类型。

1) 只读光盘

只读光盘(Compact Disk Read Only Memory,CD-ROM)是最常用的光盘,直径约 12cm,厚度为 1.2mm,容量大约为 650MB。在盘基上有一层聚酯薄膜和一层金属铝(反射激光),表面刷了一层保护漆。由于价格便宜,便于携带,市场上颇受用户的欢迎。其工作特点是,采用激光调制方式记录信息,将信息以凹坑(pits)和凸区(lands)的形式记录在螺旋形光道上。光盘是由母盘压模制成的,一旦复制成形,永久不变,用户只能读出信息。激光电视唱片(VD)和数字音频盘(Compact Disc Digital Audio,CD-DA)就属于这种类型。

2) 只写一次型光盘

这种光盘可由用户利用只写一次型光盘(Compact Disc Recordable,CD-R)驱动器写入信息(也称为刻盘),写入的信息 CD-ROM 光驱也可以读出。但 CD-R 只能写一次,写入后不能再修改。向 CD-R 盘片上写信息的技术不同于 CD-ROM。CD-R 盘片在铝和聚酯膜间加入了一层染料,这层染料是半透明的,使得激光可透射到铝层。当驱动器向 CD-R 盘上写信息时,根据所写入的信息控制激光烧掉某些区域的染料,使其成为不透明、不反射激光的区域。在读 CD-R 盘片上的信息时,激光照射到盘片上,驱动器只能接收到从有半透明染料处反射过来的激光,而染料被烧掉的区域无反射光,这样就可以转换成数字信息 0 和 1。

为了完成读写任务,CD-R 驱动器中使用两路激光,即读激光和写激光。

3) 可擦写型光盘

可擦写型光盘(Compact Disc Rewritable,CD-RW)类似于磁盘,可以重写信息。

2. 光盘存储器的工作原理

1) 只读光盘的读原理

只读光盘的信息是沿盘面螺旋形状的信息轨道以凹坑和凸区的形式记录的,如图 5-20(a)所示。光道深 $0.12\mu\text{m}$,宽 $0.6\mu\text{m}$ 。螺旋形轨迹中一条与下一条的间距为 $1.6\mu\text{m}$ 。

只读光盘既可以记录模拟信息(如 LaserVision),也可以记录数字信号(如 CD-DA)。图 5-20(b)表示记录数字信号的原理。光道上凹坑或凸区的长度是 $0.3\mu\text{m}$ 的整数倍。凹凸交界的正负跳变沿均代表数字“1”,两个边缘之间代表数字“0”,“0”的个数是由边缘之间的长度决定的。通过光学探测仪器产生光电检测信号,从而读出“0”、“1”数据。为了提高读出数据的可靠性,减少误读率,存储数据采用 EFM(Eight to Fourteen Modulation)编码,即将 1 字节的 8 位信息编码为 14 位的光轨道位,并在每 14 位之间插入 3 位合并位(Mergingbits)以确保“1”码间至少有 2 个“0”,最多有 10 个“0”码。

2) 可擦写光盘 CD-RW 的擦写原理

根据前面所述,光盘写入信息的过程是改变光盘介质的某种性质,以变化和不变两种状态分别表示“1”和“0”,从而实现信息的存储。要实现光盘信息的重写,必须恢复光盘介质原来的

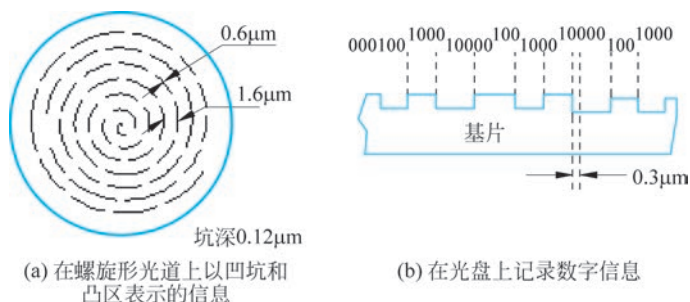


图 5-20 CD-ROM 盘存储信息的原理

性质,擦去已存储的信息,然后重新记录新的信息。

按照这种改变性质来实现信息存储的原理来分,可擦写光盘的记录方式可分为两大类,即磁光式擦写和相变式擦写。

(1) 磁光式擦写原理

当前国际上较流行的是磁光式擦写,该盘普遍采用玻璃盘基上再加 4 层膜结构组成,它是以稀土-过渡金属非晶体垂直磁化膜作为记录介质光学膜和保护膜的多层夹心结构。

有两种磁光写操作方法,即居里点记录(稀土-铁合金膜介质)和补偿点记录(稀土-钴合金膜介质)。过程是用激光照射光盘垂直膜面磁化方向上的磁化物质,并对其垂直磁化。利用磁性物质居里点热磁效应,在某一方向饱和式磁化,用激光向需要存储信息“1”的单元区域加热,使其温度超过居里点,失去磁性。在盘的另一面的电磁线圈上施加一个外磁场,使被照单元反向磁化,这样该单元区域磁化方向与其他未照射单元方向相反,从而产生一个信息存储状态“1”,而其他未经照射的单元相当于存储信息“0”。擦去信息的过程与写过程刚好相反,即恢复原来的磁化方向。读出原理是,利用物理学中的电磁感应效应,检测出光盘上各存储单元的磁化方向,从而转换为“0”和“1”。

(2) 相变式擦写原理

相变式擦写的光盘在铝和聚酯膜间有一层相变混合层,该层由特殊的化学物质构成,可以在某个温度下改变物理状态,并可把这个物理状态无限地保持下去。混合层开始时是半透明晶体状态,允许激光透射到反射层铝上。当 CD-RW 驱动器的写激光向盘上烧信息时,由于热效应,某些区域的相变混合层熔化了,成为不透明、不反射激光的区域,迅速冷却,使这些区域一直保持新的物理状态。驱动器的光头中有第三路激光,专用于擦除信息。擦除信息时,激光慢慢加热那些在写信息时被熔化的区域,将相变混合层中的这些区域再转换为半透明的晶体状态,以便重写信息。

3. 光盘存储器的技术指标

1) 数据传输率

数据传输率指将数据从光盘驱动器传送到主存的速率,为单位时间内光盘的光道上传送的数据比特数。这与光盘转速、存储密度有关。光盘转得越快,数据从光盘传送到主机内存的速度越快。单倍速光驱的数据传输率是 150KB/s。12 倍速(写为 $12\times$)光驱的数据传输率是 1.8MB/s,其光盘外圈的转速是 2400 转/分钟(rpm),内圈转速是 6360 转/分钟。

CD-R 驱动器的写速度与读速度是不同的,如标示为 $24\times/40\times$,指其读信息的速度是 $40\times$,写信息(刻盘)的速度只有 $24\times$ 。CD-RW 驱动器有 3 个速度,如标示为 $24\times/12\times/40\times$,

其写速度是 $24\times$, 重写的速度是 $12\times$, 读的速度是 $40\times$ 。

2) 存储容量

存储容量指所能读写的光盘盘片的容量。光盘容量又分为格式化容量和用户容量, 采用不同的格式和不同驱动器, 光盘格式化后的容量不同。例如 650MB 的 CD-ROM 盘片, 螺旋线形的光道被划分成一个个扇区, 扇区是最小的信息记录单位。每个扇区的信息记录格式如图 5-21 所示, 可存放 2048 字节的有效数据。每个扇区的地址被标记为分、秒、扇区, 每秒钟的数据需要 75 个扇区存放, 一张盘片可存储 74 分钟的数据, 所以整张盘片的容量为:

$$74 \text{ 分钟} \times 60 \text{ 秒} \times 75 \text{ 扇区/秒} \times 2048 \text{ 字节} = 681\,984\,000 \text{ 字节} \approx 650\text{MB}$$

12字节 同步	4字 节头	2048字节用户数据	4字节 EDC	8字节 空白	276字节 ECC	784字节 ECC/EDC	98个控制 字节
------------	----------	------------	------------	-----------	--------------	------------------	-------------

图 5-21 CD-ROM 每个扇区的数据格式

3) 平均存取时间

平均存取时间是在光盘上找到需要读写的信息的位置所需要的时间, 即指从计算机向光盘驱动器发出命令, 到光盘驱动器可以接受读写命令为止的时间。一般取光头沿半径移动全程 $1/3$ 长度所需要的时间为平均寻道时间, 盘片旋转一周的一半时间为平均等待时间, 两者加上读写光头的稳定时间就是平均存取时间。

4) 接口规范

CD-ROM 驱动器与主机的接口方式有 IDE 和 SCSI。IDE 接口采用 40 针的通信电缆将光驱与主板连接起来。绝大多数主板上都固化有 IDE 控制器, 能自动识别 CD-ROM 驱动器。若采用 SCSI 接口规范, 绝大多数情况下需要购买 SCSI 适配器将光驱与主机连接起来。有些主板固化有 SCSI 接口。SCSI 接口的传输速度比 IDE 接口的传输速度快。

4. DVD

DVD(Digital Versatile Disc)盘片的物理规格与 CD 盘片是一样的, 直径约为 120mm, 厚度为 1.2mm。DVD 播放机能够播放 CD 和 VCD 盘片。不同的是 DVD 盘片上光道之间的间距由原来的 $1.6\mu\text{m}$ 减小到 $0.74\mu\text{m}$, 记录信息的最小凹坑和凸区的长度由原来的 $0.83\mu\text{m}$ 减小到 $0.4\mu\text{m}$; 另外, CD 盘片采用波长为 780~790nm 的红外激光器读取数据, 而 DVD 采用波长为 635~650nm 的红外激光器读取数据, 这就是单层单面 DVD 盘片存储容量提高到 4.7GB 的原因。而单层双面的 DVD 盘片存储容量为 9.4GB, 双层单面的存储容量为 8.5GB, 双层双面的存储容量为 17GB。DVD 信号的调制方式和检错纠错方法也做了相应的修正以适合高密度的需要, 它采用效率较高的 8 位到 16 位+(EFM PLUS)调制方式, DVD 校验系统采用更可靠的 RS-PC(Reed Solomon Product Code)。

DVD 播放机和驱动器的结构类似于 CD-ROM 驱动器, 由盘片旋转驱动装置、读信息激光头、光头定位机械装置和将数据由光驱传送到主机的通信电路构成。由于 DVD 视频盘上的视频信息是按照 MPEG-2 标准编码的, 有的 DVD 播放机或驱动器中有 MPEG-2 解码器, 有的包括 Dolby AC-3 音频解码器或 DTS 解码器, 用于解码音频信号。

DVD 播放机中使用的激光不同于 CD-ROM 驱动器中使用的激光。DVD 播放机中的激光必须能聚焦于盘片上的不同层。单层 DVD 只有一层反射面, 双层 DVD 盘片有两层记录面, 一层为反射面, 其上面一层为半透明的, 激光必须能够区别这两层, 聚焦在要查找信息所在

的层面上。目前,市场上有 5 种 DVD 盘片的信息记录标准。

1) DVD-ROM

DVD-ROM(DVD-Read Only Memory)类似于 CD-ROM 技术,盘片上所存储的信息由生产厂商写好了,用户只能读信息,不能向盘片上写信息。由于存储容量是 CD-ROM 容量的 7 倍,价格便宜,在市场上广为流行。

2) DVD-R

DVD-R 标准由 Pioneer(先锋)公司于 1998 年提出。DVD-R 只能做一次性写入数据的操作。DVD-R 因用途的不同,还分有两种子规格:一种是专业(Authoring)DVD-R,适合商业用途;另一种是通用(General)DVD-R,适合普通用户使用。它们之间的主要区别是在写入和读取时激光波长不同,以及防止拷贝的能力不同。普通用户购买 DVD-R 盘片应注意购买标有 For Data 或 General 的光盘。

由于 DVD-R 盘片的反射率和 DVD-ROM 相似,因此能被大多数计算机上的 DVD 光驱以及多数 DVD 影碟机读取。

3) DVD-RAM

最原始的技术是从 Panasonic 的 PD 演进而来的,所以 DVD-RAM 跟 PD 在技术规格上有许多相近的地方。当初 Panasonic 设计 DVD-RAM 时,有一个很重要的目的,就是资料读取性能要高,所以 DVD-RAM 并未采用传统的光驱索引方式,而是采用非线性的存取方式,数据的格式与硬盘数据相类似。因此,它可以像硬盘一样对数据进行随机读写,在各种情况下的反应速度较快,这是 DVD-RAM 的优势。但正是由于这种类似硬盘的读写模式,DVD-RAM 在使用前需要先快速格式化,并且使用一段时间后,也要做文件重组工作,以提高 DVD-RAM 的利用率。

兼容性差是 DVD-RAM 的最大缺陷,普通 DVD 光驱和 DVD 影碟机无法读取 DVD-RAM 光盘,若要读取 DVD-RAM 光盘,则必须使用 DVD-RAM 驱动器。

4) DVD-RW

该标准由 Pioneer(先锋)公司于 1998 年提出。DVD-RW 的刻录原理和普通 CD-R/RW 刻录类似,采用固定线性速度 CLV 的刻录方式。DVD-RW 采用相变式(Phase Change)的读写技术,可以重复擦写数据。DVD-RW 的兼容性要优于 DVD-RAM,但一些老型号的 DVD 影碟机不能读取。早期 DVD-RW 的速度更只有 1 倍速(刻录一张光盘要花费 1 小时左右),不过目前已经出现高倍速的机种。

5) DVD+RW

DVD+RW 的规格是由 7C(Philips/Sony/Yamaha/Mitsubishi/Chemical-Verbatim/Ricoh/hp/Thomson)主导的,并不属于 DVD 论坛(DVD-Forum)的正式规格。而 DVD+RW 和 DVD-RW 一样,具有重复可写的特点。DVD+RW 采用的是 CAV 刻录方式,并且 DVD+RW 也采取与硬盘类似的数据结构,数据的读写性能要强于 DVD-RW。虽然 DVD+RW 使用也需要格式化(时间需要 1 小时左右),但是由于从中途开始可以在后台进行格式化,因此 1 分钟以后就可以开始刻录数据,是使用速度最快的 DVD 刻录机。

同时,DVD+RW 标准也是目前唯一获得微软公司支持的 DVD 刻录标准。值得一提的是,DVD+RW 联盟加入了无损连接(Lossless Linking)技术。在无损连接状态下,不同数据区块的间隙可以低到 1 微米以下,这样读写头可以在上次停下来的地方继续写入数据。如此一来,这种格式的空间使用率高,数据可以随机写入,非常适合处理视频图像的应用。

不过,DVD-RW 和 DVD+RW 两种规格并不兼容,造成了用户通常受 DVD 相关软、硬件的设计与兼容性所困扰。因此,包括 SONY、NEC 等在内的厂商便针对 DVD-RW 与 DVD+RW 不兼容的问题,提出了 DVD Dual 这项新规格,也就是目前称为 DVD±R/RW 的技术。DVD±RW 刻录机可以同时兼容 DVD-R/RW 和 DVD+R/RW 这两种规格,使用者不用担心 DVD 刻录盘搭配的问题。不过这种 DVD 刻录机也有一个小缺点,需要缴纳两份专利费,生产成本会增加一些,市场价格自然也就不会很便宜了。目前 SONY 新一代的 DVD 刻录机均支持 DVD Dual 规格。

5. 蓝光光盘

蓝光光盘(Blu-Ray Disc)是 DVD 光盘的下一代光盘格式。它所采用的激光波长为 405 纳米(nm),刚好是光谱之中的蓝光,因而得名(DVD 采用 650nm 波长的红光读写器,CD 采用的是 780nm 波长)。它目前的竞争对手是 HD-DVD,两者各有不同的公司支持。索尼、松下、飞利浦、先锋、日立、三星、LG 等公司支持蓝光光盘,而 NEC/Toshiba 所组成的光盘联盟 AOD(Advanced Optical Disc)则支持 HD-DVD。

读写光盘用的激光是一种十分精确的光。由于红光波长有 700nm,而蓝光只有 400nm,所以蓝激光实际上可以更精确一点,能够读写一个只有 200nm 的点,而相比之下,红色激光只能读写 350nm 的点,所以同样的一张光盘,点多了,记录的信息自然也就多了。

蓝光光盘的直径为 12cm,和普通 CD 光盘及 DVD 光盘的尺寸一样,但容量大得多。单面单层的蓝光光盘可以录制、播放长达 27GB 的视频数据,是单面单层 DVD 光盘容量的 5 倍多,可录制 13 小时的普通电视节目或长达 4 小时的高清晰电影。双层的蓝光光盘容量可以达到 46GB 或 54GB,足够刻录长达 8 小时的高清晰电影。四层或八层的蓝光光盘容量可达 100GB 或 200GB。

NEC/Toshiba 所支持的 HD-DVD 规格改编自目前标准 DVD 规格,与标准 DVD 具有相同的数据层厚度,但采用的是蓝光技术,由于光波长度较短,在光盘上存储的数据密度大,HD-DVD 的单层容量可达 15GB~27GB。

HD-DVD 的主要优势在于它与标准 DVD 共享部分构造设计,DVD 制造商不需要再投入庞大资金,更新生产设备,就可以生产 HD-DVD。而蓝光光盘的制造商一定要添购全新的生产设备才能生产蓝光光盘。

5.4.5 7 种廉价磁盘冗余阵列

迄今为止,辅存性能的提升要远落后于处理器和主存,以至于辅存成为影响计算机总体性能的关键因素。为解决这个问题,技术人员想到将多个磁盘(包括驱动器)组合在一起代替一个大容量的磁盘,即构成磁盘阵列。这使得多个独立的 I/O 请求,只要它们所访问的数据位于不同磁盘上,磁盘阵列就能并行响应;单一 I/O 请求,只要访问的多个数据块位于不同磁盘,也可实现并行处理,从而提高了计算机系统的 I/O 性能。磁盘阵列提供了多种数据组织方式,并可通过增加校验数据(冗余数据)提高磁盘阵列的可靠性。

目前磁盘阵列技术已有了业界公认的标准——廉价磁盘冗余阵列(Redundant Array of Inexpensive Disks, RAID),也称为独立磁盘冗余阵列(Redundant Array of Independent Disks)。RAID 方案有多个不同级别,分别定义不同的体系结构,但所有级别都有以下 3 个共同特征。

- (1) RAID 由一组磁盘驱动器构成,操作系统将其看成是单一的逻辑盘。
- (2) 存储的数据遍布在磁盘阵列的各个物理磁盘上。
- (3) 冗余的磁盘容量用于存储校验信息,以保证磁盘的故障恢复能力。

不同 RAID 级别的差别在于上述特征(2)和(3)的实现细节不同。但 RAID 0 是不支持特征(3)的。

虽然 RAID 工作时,多个磁盘读写头和传动装置可以同时工作,以达到较高的数据传输率,提高 I/O 效率,但同时使用多个设备也增加了出现故障的概率。为提高系统的可靠性,RAID 系统可以使用所存储的校验数据,在一个磁盘出现故障时将丢失的数据恢复出来。

1. RAID 0

所有的 RAID 级别都是以条带为单位把数据均匀分布到多个磁盘上,RAID 0 也不例外。图 5-22 示范了 RAID 0 中的数据存放方式。所有用户和系统数据被看成存储在一个逻辑盘上。物理上,各磁盘被分为条带。条带大小可以是物理块、扇区,或其他一些单位。数据条带顺序交叉地存放在各个磁盘上。例如,由 n 个磁盘构成的 RAID 0,逻辑上连续排列的第一组 n 个条带的数据在物理上分别存放在每个磁盘的第一个条带位置上;逻辑上排列的第二组 n 个条带的数据分别存放在每个磁盘的第二个条带的位置上,以此类推。这样布局的优势在于,当某个单独的 I/O 请求的数据大于多个连续(逻辑上)的条带数据时,最多可以有 n 个条带数据被并行处理,大大降低了 I/O 传输时间。

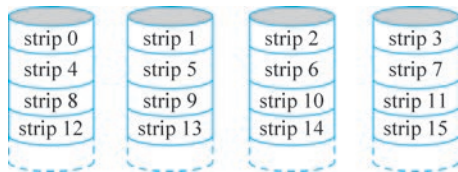


图 5-22 RAID 0

严格地讲,RAID 0 不是真正的 RAID 家族的成员,它不包含用于提升系统可靠性的冗余数据。因此,一旦数据被损坏,将无法恢复。只要其中任何一块磁盘出现故障,整个系统将无法正常工作。

少数在巨型计算机上的应用,如视频处理和剪辑、超级计算等,主要关心的是存储容量和性能,可靠性在次要地位,则会使用 RAID 0 技术。

2. RAID 1

RAID 1 是一种最基本的冗余磁盘阵列,称为镜像(Mirroring)磁盘。它将所有磁盘数据都备份一份,如图 5-23 所示。RAID 1 也采用 RAID 0 中的数据条带,但每个逻辑条带数据被映像到两个不同的物理盘上,所以磁盘阵列中的每个磁盘都有一个镜像盘,使得每个数据都有两份副本。RAID 1 的体系结构使得任何一个读磁盘请求都可由包含请求数据的两个磁盘中的寻道时间和旋转延迟之和最小的磁盘来满足。写磁盘操作要同时更新两个条带,由于位于不同磁盘上,因而可并行完成。写操作的时间取决于两个磁盘中较慢的磁盘操作时间。

RAID 1 不同于 RAID 2~RAID 6,前者冗余数据是有效信息的副本,而后者冗余数据是校验信息。故 RAID 2~RAID 6 在写磁盘时,磁盘管理软件首先要计算并更新校验位,同时还要更新有效数据,而 RAID 1 在完成写操作时,只是把有效信息并行写在两个磁盘上。

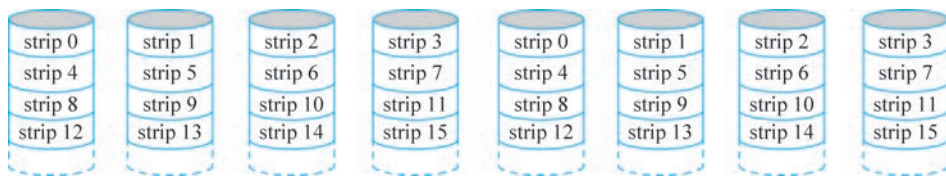


图 5-23 RAID 1

RAID 1 的成本较高,系统在逻辑上支持的存储容量需要两倍容量的物理磁盘来实现。但 RAID 1 可提供实时数据备份,一旦某个磁盘出现故障,系统立即用备份磁盘提供服务,所以 RAID 1 结构主要用于存储系统软件和其他关键性数据。

3. RAID 2

RAID 2 和 RAID 3 使用了并行存取技术,即完成每次 I/O 操作时,磁盘阵列中的所有磁盘都参与其中。一般系统对磁盘阵列中所有驱动器的主轴加以同步,以保证所有磁盘的读写头在任何时刻都在同一位置。

图 5-24 是含 4 个数据盘的 RAID 2 示意图,每个数据盘存放所有数据字的一位(位交叉存放),即 Disk0 存放所有数据字的第 0 位, Disk1 存放第 1 位,以此类推。它需要 3 个磁盘来存放检二纠一错的海明码。图中数据盘的每一行构成一个字,而纠错码盘中的对应行存放着每个字的海明码。RAID 2 在读磁盘时,所有磁盘同时工作,所需的数据和相关的纠错码同时传送到磁盘阵列控制器,若读出的数据中有一位出错,控制器可立即识别并纠正。完成写操作时,所有的数据盘和校验盘都要访问到。

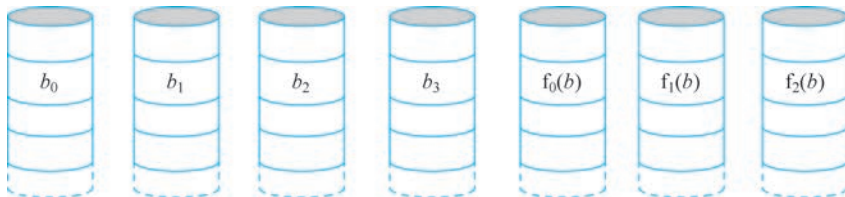


图 5-24 RAID 2

虽然 RAID 2 所需的磁盘数目比 RAID 1 少,但其成本还是较高,因为纠错码盘的数目与数据盘的数目成正比。RAID 2 只适用于磁盘出错概率较高的情况。目前,磁盘驱动器的可靠性较高,所以,在理论上 RAID 的分级有这一级,但实际上并没有商业化的产品。

4. RAID 3

RAID 3 的体系结构类似于 RAID 2,区别在于无论磁盘阵列有多大,RAID 3 只需要一个冗余盘。因为 RAID 3 采用的是奇偶校验码,而不是纠错码,如图 5-25 所示。校验盘专门用于存放数据盘中相应数据的奇偶校验位,例如 $P(b)$ 是数据 $b_0 \sim b_3$ 的奇偶校验位。若某个驱动器发生故障,系统会访问校验盘,故障盘上的有效数据可由其他驱动器上的数据恢复得到。假设由 5 个驱动器构成 RAID 3,其中 $X_0 \sim X_3$ 是数据盘, X_4 是校验盘,则第 i 位的偶校验码由下式得到:

$$X_4(i) = X_3(i) \oplus X_2(i) \oplus X_1(i) \oplus X_0(i)$$

假设驱动器 X_1 出故障了。在上述等式的两边同时异或 $X_4(i) \oplus X_1(i)$ 可得如下等式:

$$X_1(i) = X_4(i) \oplus X_3(i) \oplus X_2(i) \oplus X_0(i)$$

这样当用一个新磁盘替换掉 X1 后,原 X1 盘上每个条带的数据都可由其他驱动器上的数据计算得到。这个原理也适用于 RAID 4~RAID 6。

RAID 3 是一个细粒度的磁盘阵列,即采用的条带宽度较小,甚至可以是一个字节或一位。由于是细粒度的,因此绝大多数的 I/O 请求都需要磁盘阵列中的所有磁盘为之服务。若每次 I/O 请求的数据量较大,系统性能的改善是很显著的。但 RAID 3 的结构决定它一次只能处理一个 I/O 请求,在面向事务处理的应用环境中,系统性能较差。

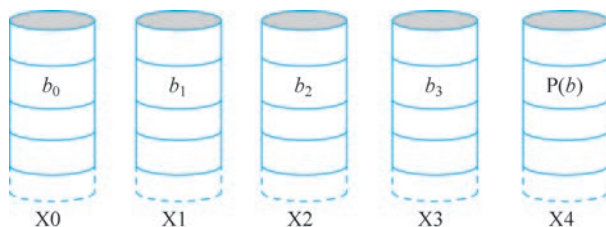


图 5-25 RAID 3

5. RAID 4

RAID 4~RAID 6 使用了独立访问技术,即磁盘阵列中的每个磁盘都可以独立操作,这样可并行处理多个独立 I/O 请求。这种体系结构较适合 I/O 请求频率高的应用,不太适合需要较高 I/O 数据传输率的应用。

如图 5-26 所示,RAID 4 采用粗粒度的磁盘阵列,即采用比较大的条带,以块为单位进行交叉存储和计算奇偶校验。图中 block0~block3 是数据块,P(0-3)是 block0~block3 的奇偶校验码,其余以此类推。

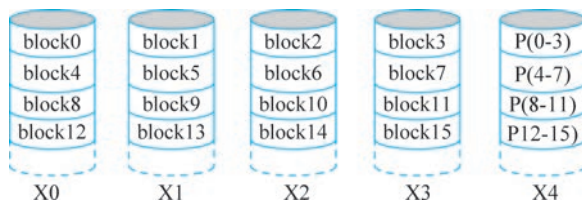


图 5-26 RAID 4

若写 RAID4 时数据量较小,则存在写恶化问题。这是因为每次写信息时,磁盘阵列管理软件不仅要更新有效数据,还要更新对应的校验码。在图 5-26 中,X0~X3 是数据盘,X4 是校验盘。原来校验盘 X4 上的某位奇偶校验码 $X4(i)$ 由下式得到:

$$X4(i) = X3(i) \oplus X2(i) \oplus X1(i) \oplus X0(i)$$

设某次写操作只写磁盘 X1 上的一个条带,则新的校验位信息 $X4'(i)$ 由下式得到:

$$\begin{aligned} X4'(i) &= X3(i) \oplus X2(i) \oplus X1'(i) \oplus X0(i) \\ &= X3(i) \oplus X2(i) \oplus X1'(i) \oplus X0(i) \oplus X1(i) \oplus X1(i) \\ &= X4(i) \oplus X1(i) \oplus X1'(i) \end{aligned}$$

可见,要计算新的校验码,磁盘阵列管理软件必须读出旧的有效数据 $X1(i)$ 和旧的校验码 $X4(i)$,因此要写一个条带数据,实际的物理操作是需要读两个磁盘再写两个磁盘。但若每次写磁盘的数据量大到能包括所有磁盘上的条带,则只要利用新的写入数据位即可计算出校验码,校验盘可与数据盘并行写入,不会有额外的读或写操作。

不管怎样,每次写磁盘操作都要写校验盘,使校验盘成为瓶颈。

6. RAID 5

RAID 5 的体系结构类似于 RAID 4,但 RAID 5 将校验条带分布在所有磁盘上,解决了 RAID 4 中的校验盘瓶颈问题,且校验带的分布方案采用轮转法。如图 5-27 所示, n 个盘的磁盘阵列中第一组 n 校验带数据依次错开存放到不同的盘中,以达到均匀分布的目的。

RAID 5 的结构不仅能较快处理大规模访问、小规模读操作,还能比 RAID 3~RAID 4 更快地处理小规模操作。但其控制器无疑是上述所有 RAID 级别中最复杂的。

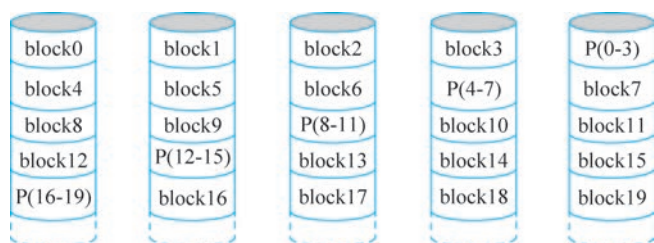


图 5-27 RAID 5

7. RAID 6

RAID 6 方案中采用了两种校验方法,每种方法的校验码存放在不同数据块中,各校验块又存储在不同磁盘上,如图 5-28 所示。图中 P 和 Q 代表两种数据校验方法,一种采用奇偶校验,另一种是独立于奇偶校验的算法,这就保证了即使有两个数据盘同时出现故障,系统仍然可以自动重新生成数据。

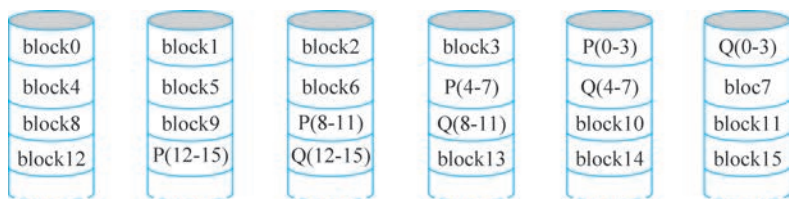


图 5-28 RAID 6

从 RAID 6 的体系结构可以知道,若用户需要 N 个数据盘,物理上则需要 $N+2$ 个磁盘实现,但它的高可靠性使其很适合进行重要数据的保存。

表 5-1 综述了 RAID 0~RAID 6 的主要特点及典型应用。

表 5-1 RAID 的分级及其特征

级 别	特 征	可容忍的故障数	可校验盘的个数	优 点	缺 点	典 型 应 用
RAID 0	无冗余,数据采用条带存放	0	0	没有冗余空间开销	没有纠错能力	非重要数据的高性能存储
RAID 1	镜像	1	8	数据恢复快,小规模写较快	冗余空间开销最大	系统驱动器,存放重要数据文件
RAID 2	海明码校验,支持并行访问	1	4	不依靠故障盘进行自诊断	冗余空间开销较大	无

续表

级 别	特 征	可容忍的故障数	可校验盘的个数	优 点	缺 点	典 型 应 用
RAID 3	位交叉奇偶校验	1	1	冗余空间开销小,大规模读写速度高	对小规模、随机读写操作无特别支持	大规模 I/O 请求的应用,如图像操作、CAD
RAID 4	块交叉奇偶校验	1	1	冗余空间开销小,小规模读写操作速度高	小规模写时,校验盘的写为速度瓶颈	无
RAID 5	块交叉分布奇偶校验	1	1	冗余空间开销小,小规模读写操作速度高	小规模写操作时,需要访问磁盘 4 次	要求高速读写,大量读操作,数据查找应用
RAID 6	P + Q 双奇偶校验	2	2	可以容忍 2 个故障	小规模写需多次访问,冗余开销加倍	保存重要数据

5.5 新型存储访问构件

5.5.1 固态硬盘

固态硬盘(SSD)采用半导体 NAND 型闪存芯片作为存储介质,不存在硬磁盘的机械结构,没有数据查找时间、延迟时间和寻道时间,数据读取和写入的速度可以达到普通硬盘的 50~1000 倍。例如一个每分钟 15000 转的硬盘转一圈需要 200ms 的时间,而 SSD 能够在低于 1ms 的时间内对任意位置的存储单元完成读写操作。

由于固态硬盘的内部不存在任何机械部件,因此工作时非常安静,没有任何噪音产生(无机械马达,发热量小,散热快)。固态硬盘比常规 1.8 英寸的硬盘重量轻 20~30g,因此在笔记本电脑、卫星定位仪等便携产品中有望得以广泛应用。

影响固态硬盘替代普通硬盘的主要因素是其可靠性。由于 NAND 闪存并不像 DRAM 内存颗粒一样拥有无限寿命(NAND 的写入寿命只有 10 万个循环),一旦某个存储单元的写入循环达到极限,可能遭遇彻底的物理损坏。针对这个问题,三星公司提出了“损耗平衡”机制,即 10 万个写循环是针对每一个存储单元而言的,假如针对这个单元连续进行 10 万次写操作,那么这个单元的确将会失效。但固态硬盘不会只对一个单元进行写入操作,可通过固态硬盘的控制器将写入动作平均分配到其他的单元上。在三星公司的内部测试中,一块容量为 64GB 的固态硬盘被全部写满数据,然后删除,之后再继续进行写满-删除的循环;每隔几个时,这个循环就重复一次,几年之后,这块固态硬盘仍然正常运作,并未遇到任何故障。

5.5.2 保护访问模式

随着云计算与大数据技术的快速发展,越来越多的数据被放在云端进行存储和计算,这带来了一系列安全问题。例如,个人用户如果直接将隐私数据以明文形式存储在云端,那么攻击者可以直接获取用户数据,并通过数据挖掘的方式推测用户的其他个人信息。因此,需要对存储在云端的数据进行加密,以实现对用户隐私的保护。但是,即使个人用户对文件进行加密,攻击者也可以从数据访问模式(例如 I/O 操作访问文件的顺序、访问文件的频率、读写顺序等)推

测出敏感信息。因此,对用户访问模式的保护也需要重点关注。

Oblivious RAM(ORAM,不经意随机访问机)是目前保护访问模式的重要手段,最早是由 Goldreich 和 Ostrovsky 在 1996 年为实现软件保护提出来的,是一种可以用来完全隐藏 I/O 操作的数据访问模式的加密方案。它通过混淆每一次访问过程,使其与随机访问不可区分,从而保护真实访问中的访问操作、访问位置等信息。ORAM 保证了在存储器中的任意数据块不会永久驻留在某一个物理地址中,这确保了任意两次访问不会产生关联,同时 ORAM 将每一次读写访问细化成一次读取加一次写回的原子操作,其中读访问转化成读取内容再写回相同内容,写访问转化成读取内容再写回更新后的内容,使得攻击者不能够区分具体的访问方式。因此,ORAM 可以保护以下 4 种属性:访问数据块的位置,数据块请求的顺序,对相同数据块的访问频率,具体的读写访问方式。这使得在访问结束之后,攻击者不能根据访问模式来区分任意两个相同长度的访问序列。

1. ORAM 设计模式的类型

根据服务器存储数据块的数据结构不同,ORAM 的设计模式可以分为以下 5 类。

1) 简单模型

服务器以数组的方式连续存储客户端的数据块,为了隐藏客户端访问了哪一个数据块,客户端每一次访问需要遍历所有数据块。

2) 平方根模型

服务器划分成排列数组与缓冲区两个部分,排列数组中包含 N 个真实的数据块和 N 个无效数据块,客户端每次访问前先将这些块混洗。在每一次访问中,客户端先查询目标数据块是否在缓冲区内,如果在,就从排列数组中读取一个无效数据块;如果没有在缓冲区内,就在排列数组内读取目标数据块,为了混淆数据块的访问位置,每一次访问周期(N 次访问)都需要重新混洗排列数组。

3) 层次模型

将服务器存储分层,第 i 层包含 2^i 个数据块集合,当访问周期结束后,要重新混洗,对于每一层而言,当一个访问周期(2^i 次访问)结束后,需要将当前层的数据块和下一层的数据块合并并且混洗后放入下一层,每一层都会读取一个数据块,哪怕此层没有需要的数据块,也要读取无效区块(伪装),当客户端更新完数据块后,将其写入服务器最顶层,最顶层访问周期短,数据块会频繁地混洗到下一层,不用担心顶层数据块溢出问题。

4) 分区模型

将数据存储于 N 个服务器上,每个服务器利用平方根模型或层次模型构建,客户端存储数据块索引到数据块在服务器位置之间的映射表,查找数据块所在的服务器,然后使用 ORAM 模型访问方式读取数据块。

5) 树状模型

在层次模型上进行改进,每一个数据块集合分配到树的节点上,客户端本地存储每一个数据对应树的叶子节点的映射关系。以 Tree ORAM 为例,每一次访问先查询数据块所在的叶子节点,将从根节点至叶子节点上所有的数据块集合取回本地,更新完后,将目标数据块写入根节点。

2. ORAM 的优点

ORAM 的主要优点如下。

(1) 安全性: ORAM 提供了保护访问模式的可证明安全性,相比于传统的加密手段,该技术可以很大程度上减少攻击者利用访问模式推断隐私信息的可能性。

(2) 用途广: ORAM 可以广泛地应用于安全存储以及安全计算领域,对于存在数据访问的应用,都可以利用 ORAM 提供访问模式的保护。

ORAM 的缺陷: 相比于正常的访问,ORAM 需要执行额外的操作来保护访问模式的隐私性,因此导致昂贵的开销,包括带宽以及本地存储等,这严重地限制了 ORAM 的实用性。

5.5.3 存算一体模式

随着信息技术的高速发展,信息社会正在逐步进入大数据时代。在大数据时代中,数据处理的重心逐渐从以计算为中心转移到以数据为中心,即数据处理任务或应用从计算密集型转移为数据密集型。而由于存储墙和带宽墙等原因,当前采用冯·诺依曼架构设计的计算机系统在数据密集型计算中表现出的性能瓶颈和低能效等缺点日益凸显。因此,为解决这些问题,新的计算机架构,尤其是超越冯·诺依曼(Beyond Von Neumann)架构亟待提出。

近年来,存算一体(In-Memory Computing, IMC)架构引起了研究人员的广泛关注,并被认为是有一种有望成为突破冯·诺依曼瓶颈的新计算机架构范式。存算一体的核心思想是使得计算单元和存储单元尽量靠近,甚至融合为一体。将传统冯·诺依曼架构中以计算为中心的设计转变为以数据存储为中心的设计,也就是利用存储器对数据进行运算,从而避免数据搬运产生的存储墙和功耗墙,极大地提高数据的并行度和能量效率。这种架构特别适用于要求大算力、低功耗的终端设备。

1. 存算一体的分类

存算一体系统结构和实现方法在很大程度上取决于底层硬件架构,更准确地说,取决于底层内存架构。根据存算一体所依托硬件架构的不同,可将存算一体分为 3 类。

1) 基于单节点的存算一体

单节点存算一体系统运行于单个物理节点上,节点拥有一个或多个处理器以及共享内存,内存结构可以是集中式共享内存,或者非一致性共享内存(Non-Uniform Memory Access, NUMA)。单节点上的存算一体利用多核 CPU,采用大内存和多线程并行,以充分发挥单机的计算效能,并且采取充分利用内存和 CPU 的 Cache、优化磁盘读取等措施。

2) 基于分布式系统的存算一体

单节点存算一体受硬件资源限制,在处理更大规模数据时面临硬件可扩展的问题。在以 MapReduce 为代表的大规模分布式数据处理技术快速发展的背景下,业界开始在分布式系统上实现存算一体,即利用多台计算机构成的集群构建分布式大内存,通过统一的资源调度,使得处理数据存储于分布式内存中,实现大规模数据的快速访问和处理。

3) 新型混合内存结构的存算一体

近几年,新兴非易失性随机存储介质(Non-Volatile Memory, NVM)得到快速发展,如铁电存储器(Ferroelectric Random Access Memory, FeRAM)、相变存储器(Phase Change Memory, PCM)、电阻存储器(Resistive Random Access Memory, RRAM)等,其性能接近 DRAM,但容量远远大于 DRAM,而能耗和价格远远低于 DRAM。这为新型的内存体系结构提供了良好的硬件保障。因此,基于新型存储器件和传统 DRAM 的新型混合内存体系在大幅提升内存容量与降低成本的同时,其访问速度与 DRAM 相当。

在众多的非易失性随机存储介质中,PCM 凭借其非易失性、非破坏性读、读完无须回写、写操作无须先擦除、存储密度高等特性,逐渐成为大规模内存系统中颇具潜力的 DRAM 替代品。

2. 典型存算一体应用

(1) 内存数据库:存算一体技术的再次兴起,始于其在内存数据库方面的广泛应用。早在 1994 年内存墙问题提出之后,为了减少内存墙的影响,针对缓存层次结构,出现了大量以缓存为中心的内存数据库系统研究,如 MonetDB、EaseDB、FastDB 等。

(2) 图计算:过去 10 年,基于图的应用快速增多。网络的寻找最短路径、计算网页的 PageRank 以及更新社交网络等都需要进行大量的计算存储资源。为此,图计算变得越来越重要,并且随着图数据规模的快速增长,存算一体快速成为当今图计算的热点问题。

(3) 机器学习:众多机器学习算法涉及大规模数据的反复迭代运算,因此将反复运算的数据存放在内存中将大幅加快此类计算速度。近年来出现了多种基于存算一体的机器学习框架,例如建立在 Spark 之上的 MLlib 是最为知名的基于存算一体的机器学习算法库,它支持分类、聚类以及矩阵分解等算法。

(4) 实时计算:存算一体的另一个典型应用为流数据处理,即实时计算。这类应用常见于大型网站的访问数据处理、搜索引擎的响应处理等,一般涉及海量数据处理,响应时间为秒级。而存算一体将海量数据存于内存,为实时数据处理提供了保障。当今主流的基于内存的流处理系统有 Spark Streaming、Storm 等。

5.6 多媒体 I/O 设备

随着计算机系统的发展,一般计算机都能够处理图像、音频、视频的信息。对于这些信息的输入和输出往往需要特殊的设备。本节将根据处理对象不同,按照音频、图像和视频来介绍多媒体设备。

5.6.1 音频设备

1. 声卡

声卡(Sound Card)也叫音频卡,是实现声波/数字信号相互转换的一种硬件。声卡的基本功能是把原始声音信号加以转换,输出到耳机、扬声器、扩音机、录音机等声响设备,或通过音乐设备数字接口(MIDI)使乐器发音。

1) 声卡的基本功能

声卡的基本功能包括模拟声音的输入和输出功能、混频压缩功能、语音识别和合成功能、合成音乐功能。

(1) 声音的输入和输出功能:声音信号是模拟信号,计算机不能处理模拟信号,声音输入后,应先将其转换为数字信号。转化时首先需要对模拟量进行采样,为了保持较高的采样频率,又不增加存储容量,需对数据进行压缩处理。同样,输出时需要将相应的文件解压缩,然后进行数/模转换,将数字信号文件转化为模拟信号,播放出来。

(2) 混频功能:这一工作是将来自不同声源的声音组合在一起再输出。有的声卡还具有

数字声音效果处理器的功能,该功能是对数字化的声音信号进行处理以获得所需要的音响效果,即实现数字信号处理的功能。

(3) 语音识别和合成功能:语音识别是人工智能的一种应用。首先要对语音信号实时采样、抽取参数、进行判断,然后运用识别算法快速分析,实现语音输入。在某些场合下,也可以根据需要合成不同的语音信号。一般使用两种技术,一是查取不同语种的发音的编码;二是基于某种算法规则,由语音合成完成。

(4) 合成音乐功能:实现音乐合成的方法有两种:一种是调频(FM)方法,将多个频率简单声音合成复合音模拟各种乐器的声音;另一种是波表合成法,采用数字化处理后的真实乐器的波形数据,经过调制、滤波、再合成等处理,形成立体声发音。通过提供 MIDI(Musical Instruments Digital Interface,电子乐器数字化接口),使计算机控制多台具有 MIDI 的电子乐器。另外,在驱动程序的作用下,声卡可以将 MIDI 格式存放的文件输出到相应的电子乐器中,以发出相应的声音,使电子乐器受声卡的指挥。

2) 声卡的工作原理和基本组成

(1) 声卡的工作原理

录音时,将声音模拟信号输入模/数转换器,模/数转换器将模拟信号转换为数字信号,再送到数字声音处理器进行分析和处理,软件发出指令给控制单元,由控制单元对模/数转换器送来的数据进行处理,控制单元再将处理的数字信号送到 CPU 中。CPU 启动播放程序,播放刚刚形成的波形文件,以检验录音的效果和正确性。音效处理单元将该数字信号送到数/模转换器,有数/模转换器将其转换为模拟信号,再经过滤波和放大,送到声卡的音频输出端口(LINE OUT),通过音箱或其他声音输出设备播放输入的声音。

(2) 声卡的基本组成

声卡承担多路双向的信号转换任务,进出声卡的信号通路包括 4 种:模拟通路、脉宽 PCM 信号、光驱通路和双声道。声卡电路各个部件的构成如图 5-29 所示。

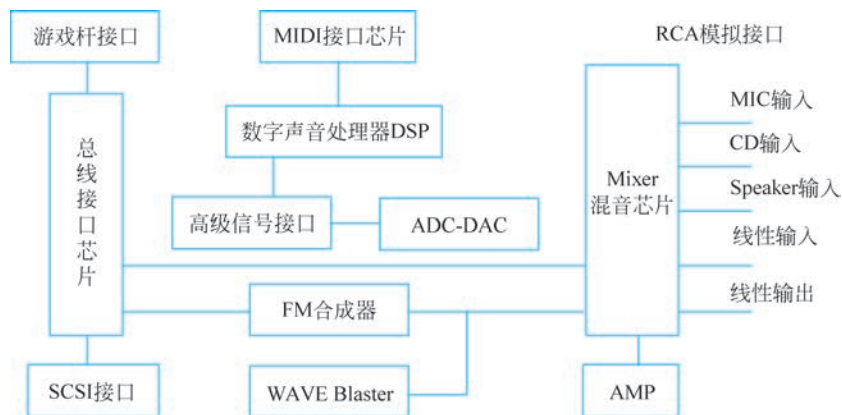


图 5-29 声卡基本电路框图

图中高级信号接口是 DSP 电路的一部分,用于转换 4 种不同的信号通路。第一路模拟信号首先经过采样和 16 位 A/D 转换,照样本速率完成编码,再进入 DSP 数字信号处理单元完成滤波、压缩等运算形成数字样本。第二路属于 PCM 脉冲调制码的数据格式,数字格式样本进入 16 位 DAC 完成译码,并输出模拟信号。第三路进入光驱的信息经过 A/D 转换、数据压缩,再保存到 CD 介质中;从光驱读取的数字格式先经过解压缩,再进行 D/A 转换,最终送到

扬声器。第四路对于双声道立体声的处理,分别需要两个 DSP 和 DAC 进行同时双向操作。

① 数字声音处理器:数字声音处理器(Digital Sound Processor,DSP)是声卡的核心电路之一,包括执行 8 位或 16 位数字声音的录音和回放、执行压缩和还原、解释 MPU 和 MIDI 命令、建立主机与高级信号接口的联系通道、装载高级处理器代码、提供 DAC 音符控制和多种模式的 DMA 传输。

② 高级信号接口:高级信号处理器(Advanced Signal Processor)完成声音信号的压缩、解压缩处理,增加特殊声效和传真 MODEM 等。

③ 混音芯片:混音芯片(Mixer Chip)主要用来混合不同声源信号,控制音量。

④ FM 合成器:FM 合成芯片的作用是将低频正弦波合成为声音。

⑤ 波形合成表(ROM)和波表合成器芯片:在波表 ROM 中存放有实际乐音的声音样本,供播放 MIDI 使用。一般的中高档声卡都采用波表方式,可以获得十分逼真的使用效果。波表合成芯片的功能是按照 MIDI 命令读取波表 ROM 中的样本声音合成并转换成实际的乐音。

⑥ 其他辅助元件:声卡上的辅助元件主要有晶体振荡器、电容、运算放大器、功率放大器等。晶体振荡器用来产生声卡数字电路的工作频率。电容起到隔直流通交流的作用,所选用电容的品质对声卡的音质有很大影响。运算放大器用来放大从主音频处理芯片输出的能量较小的标准电平信号,以减少输出时的干扰和衰减。功率放大器则主要接无源音箱,起到放大信号的作用。

2. 耳机

耳机也是音频输出设备,大多没有外接电源。耳机根据其换能方式分类,主要有动圈式、等磁式、动铁式和静电式。

1) 动圈式

动圈式耳机的驱动单元是一只小型的动圈扬声器,由处于永磁场中的音圈驱动与之相连的振膜振动。动圈式耳机效率比较高,大多可为音响上的耳机输出驱动,可靠耐用。

2) 等磁式

等磁式耳机的驱动器类似于缩小的平面扬声器,它将平面的音圈嵌入轻薄的振膜里,像印刷电路板一样,使驱动力平均分布。磁体集中在振膜的一侧或两侧,在形成的磁场中振动。

3) 动铁式

动铁式耳机利用电磁铁产生交变磁场,通过一个结构精密的连接棒传导到一个微型振膜的中心点,振动部分是一个铁片悬浮在电磁铁前方,信号经过电磁铁的时候会使磁场变化,从而使铁片振动发声。

4) 静电式

静电式耳机有轻而薄的振膜,振膜悬挂在由两块固定的金属板(定子)形成的静电场中,当音频信号加载到定子上时,静电场发生变化,驱动振膜振动。

5.6.2 视频设备

1. 显示适配卡

显示适配卡(简称显卡)是显示器与主机之间的接口电路,负责将主机发送的信号送给显

显示器。数据从 CPU 到显示屏一般经过 4 个步骤：①从总线进入 GPU(Graphics Processing Unit, 图形处理单元), 即将 CPU 送来的数据送给 GPU 处理；②从 Video Chipset(显卡芯片组)进入 Video RAM(显存), 即将 GPU 处理完的数据送到显存；③从显存进入 RAM Digital Analog Converter(RAM DAC, 随机读写存储数模转换器), 即从显存读取数据, 再送到 RAM DAC 进行数据转换的工作(数字信号转为模拟信号)；④从 DAC 进入显示器(Monitor), 即将转换完的模拟信号送到显示屏。

显卡自身带有处理器、RAM 和输入/输出系统(BIOS)芯片。输入/输出系统芯片用于存储显卡的设置及在启动时对内存、输入和输出执行诊断。

显卡的主要部件有：

(1) 图形处理单元(GPU)：是专为执行复杂的数学和几何计算而设计的, 用于图形渲染。由于 GPU 会产生大量热量, 因此它的上方通常安装散热器或风扇。

(2) 显示缓存(简称显存)：显卡 RAM 的用途是存放 GPU 生成的图像, 存储有关每个像素的数据、每个像素的颜色及其在屏幕上的位置。部分 RAM 用作帧缓冲器, 保存已完成的图像。显卡 RAM 采取双端口设计, 系统可以同时对其进行读取和写入操作。

(3) 显卡 BIOS：包含显示芯片和驱动程序间的控制程序、产品标识等信息。

(4) 数模转换器(DAC)：显存直接连到数模拟转换器, 用于将图像转换成监视器模拟信号。有些显卡具有多个数字模拟转换器, 以提高性能及支持多台监视器。

(5) 总线接口：显卡通过计算机主板供电(有些显卡需要直供电源), 并与 CPU 通信。显卡通常有 3 种接口与主板连接：外设部件互连(PCI)、高级图形端口(AGP)和 PCI Express(PCIe)。PCI Express 是最新型的接口, 传输速率最快。

(6) 输入输出接口：当显卡将显示信号处理完毕之后, 必然需要相应的接口将信号传给显示器, 显卡信号输入输出接口担负着显卡输出的任务。显卡接口包括 VGA 接口、DVI 接口、S-Video 接口、HDMI 接口、DisplayPort 接口等。

2. 摄像头

摄像头(CAMERA)又称为电脑相机、电脑眼等, 是一种常见的视频输入设备, 被广泛地运用于视频会议、远程医疗及实时监控等方面。人也可以彼此通过摄像头在网络进行有影像的交谈和沟通。

摄像头分为数字摄像头和模拟摄像头两大类。模拟摄像头捕捉到的视频信号必须经过特定的视频捕捉卡将模拟信号转换成数字模式, 并且加以压缩后才可以转换到计算机上运用。数字摄像头可以直接捕捉影像, 然后通过串、并口或者 USB 接口传到计算机里。

摄像头的主要结构和组件包括：

(1) 镜头(LENS)：由几片透镜组成, 一般有塑胶(plastic)透镜或玻璃(glass)透镜。通常摄像头用的镜头构造有：1P、2P、1G1P、1G2P、2G2P、4G 等。透镜越多, 成本越高。

(2) 感光器件(SENSOR)：一种是 CCD(Charge Coupled Device, 电荷耦合器), 一般是用于摄影摄像方面的高端技术元件, 应用技术成熟, 噪音小, 信噪比大, 成像效果较好, 但是生产工艺复杂、成本高；另一种是 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor, 互补金属氧化物半导体), 它相对于 CCD 来说价格低、功耗小, 但是噪音比较大, 灵敏度较低, 对实物的色彩还原能力偏弱。

(3) A/D 转换器(Analog Digital Converter, ADC)：模拟信号转换为数字信号的器件。

(4) 数字信号处理芯片(DSP): 对图像进行格式变换等处理。

(5) 电源: 摄像头内部需要提供 3.3V 和 2.5V 两种工作电压, 最新工艺芯片只需 1.8V 电压。

3. 投影机

投影机又称投影仪, 发展至今已形成 3 大系列: CRT(Cathode Ray Tube, 阴极射线管)投影机、LCD(Liquid Crystal Display, 液晶)投影机、DLP(Digital Lighting Process, 数字光处理器)投影机, 可以直接连接显卡进行显示。

下面简要介绍 DLP 和 DLV 投影机。

1) DLP

DLP 投影机是一种光学数字化反射式投射设备。其关键成像器件 DMD(Digital Micromirror Device, 数字微透镜装置)是一种可通过二位元脉冲控制的半导体元件。该元件具有快速反射式数字开关性能, 能够准确控制光源。其基本原理是, 光束通过一高速旋转的三色透镜后, 再投射在 DMD 部件上, 然后通过光学透镜投射在大屏幕上完成图像投影。DLP 投影机实际上是一种基于 DMD 技术的全数字反射式投影设备。

2) DLV

DLV(Digital Light Valve: 数码光路真空管, 简称数字光阀)是一种将 CRT 透射式投影技术与 DLP 反射式投影技术结合在一起的新技术, 它将小管径 CRT 作为投影机的成像面, 并采用氙灯作为光源, 将成像面上的图像射向投影面。因此, DLV 投影机在充分利用 CRT 投影机的高分辨率和可调性特点的同时, 还利用氙灯光源高亮度和色彩还原好的特点, 是一款分辨率、对比度、色彩饱和度、亮度很高的投影机。

5.6.3 图像设备

图像设备是指将现实图像转化为计算机能够存储和处理的设备或将数字图像显示出来的设备。图像设备有扫描仪、数码相机、摄像头等。扫描仪是最常见的数字化输入设备, 它可以捕获图像并转换成计算机可以显示、编辑、存储与输出的电子文档形式。

扫描仪对原稿进行光学扫描, 然后将光学图像传送到光电转换器中变为模拟电信号, 又将模拟电信号变换成数字电信号, 最后通过计算机接口送至计算机中。工作时发出的强光照射在稿件上, 没有被吸收的光线将被反射到光学感应器上。光学感应器接收到这些信号后, 将这些信号传送到模数(A/D)转换器, 模数转换器再将其转换成计算机能读取的信号, 然后通过驱动程序转换成显示器上能看到的正确图像。光电转换器件和模数(A/D)转换器是扫描仪的核心部件。

本节简要介绍 3 种扫描仪的工作原理。

1. CCD 扫描仪的工作原理

多数平板式扫描仪使用电荷耦合器(CCD)为光电转换元件, 其形状像小型的复印机, 在上盖板的下面是放置原稿的平板玻璃。如图 5-30 所示, 开始扫描时, 机内平行光源发出均匀光线照亮玻璃面板上的原稿, 步进电机驱动扫描头在原稿下面移动。产生表示图像特征的反射光(反射稿)或透射光(透射稿)。反射光经过玻璃板和一组镜头, 分成红、绿、蓝 3 种颜色汇聚在 CCD 感光器件上, CCD 将 RGB 光带转变为模拟电子信号, 此信号又被 A/D 转换器转变为

数字电子信号。最后通过 USB 等接口送至计算机。

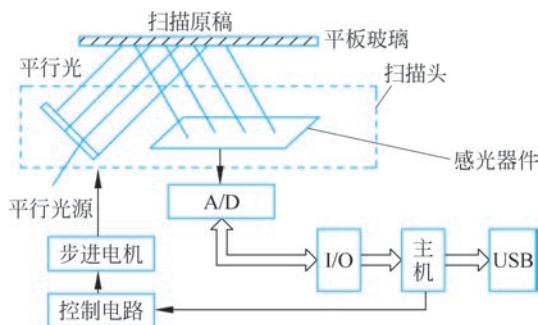


图 5-30 扫描仪的原理图

2. CIS 扫描仪的工作原理

绝大多数手持式扫描仪采用接触式图像传感器(CIS)技术。CIS 感光器件一般使用制造光敏电阻的硫化镉作为感光材料,由于感光单元之间干扰大,严重影响清晰度,因此它不能使用冷阴极灯管,而只能使用 LED 发光二极管阵列作为光源。LIDE(LED In Direct Exposure, 二极管直接曝光)技术对二极管装置及引导光线的光导材料进行了改造,使二极管光源可以产生均匀并且亮度足够的光线用于扫描。LIDE 通过接触式图像传感器 CIS 从近距离接触以 1:1 的比例对原稿进行扫描,不需要复杂的光学系统,这就使扫描仪的尺寸可以做得较小,同时也使扫描仪变得非常轻巧。此外,由于二极管光源及扫描头移动所需要的功耗极小,这类产品能够通过 PC 机的 USB 端口提供所需的电力。笔式扫描仪出现于 2000 年左右,扫描宽度大约只有 4 号汉字大小,使用时,贴在纸上一行一行地扫描,配合相应的文字识别软件,可以用于文字识别。

3. PMT 扫描仪的工作原理

滚筒式扫描仪采用光电倍增管(PMT)作为光电转换元件。它的主要组成部件有旋转电机、透明滚筒、机械传动机构、控制电路和成像装置等。滚筒式扫描仪扫描图像时,将要扫描的原稿贴附在透明滚筒上,滚筒在步进电机的驱动下,高速旋转形成高速旋转柱面,同时高强度的点光源光线从透明滚筒内部照射出来,投射到原稿上逐点对原稿进行扫描,并将透射和反射光线经由透镜、反射镜、半透明反射镜、红绿蓝滤色片所构成的光路将光线引导到光电倍增管进行放大,然后进行模/数转换进而获得每个扫描像素点的红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色的分色值数字信号,并存储在计算机上,完成扫描任务。这类产品信号采集精度高,图像信息还原性好,几乎不受温度的影响,可以在任何环境中工作。而且它的输出信号在相当大范围内保持着高度的线性输出,使输出信号几乎不用做任何修正就可以获得准确的色彩还原。

习题

5.1 简答题。

- (1) I/O 设备可分为哪些类型?
- (2) 试说明软件扫描键盘是如何给出按下键的键码的?

- (3) 简述 CRT 显示器、液晶显示器的成像原理。
- (4) 打印机可分为哪些类型? 简述激光、喷墨打印机的工作原理。
- (5) 光盘存储器有哪几类? 各有何特点?
- (6) 磁盘记录的格式有哪些? 各有什么特点?
- (7) 磁盘的访问时间主要指标有哪些?
- (8) SSD 的存储原理是什么?
- (9) ORAM 的特点是什么?
- (10) 简述存算一体模式的核心思想。

5.2 某磁盘组有 16 个数据记录面,每面有 256 个磁道,每个磁道分为 16 个扇区,每个扇区包括 512 字节,已知磁盘内的磁道直径为 10 英寸,外磁道直径为 14 英寸,转速为 3600r/min,磁头平均定位时间为 15ms,求:

- (1) 该磁盘组的最大存储容量是多少?
- (2) 该磁盘组的最大位密度、磁道密度是多少?
- (3) 该磁盘的平均存取时间、数据传输率是多少?

5.3 若某机磁盘子系统共有 4 台驱动器,每台驱动器装有与上述磁盘组相同的磁盘组,请设计该磁盘子系统的地址格式。

5.4 某磁盘存储器的转速为 3000r/min,共有 8 个记录面,每毫米 5 道,每道记录信息为 12288 字节,最小磁道直径为 230mm,共有 1024 道。设主存与磁盘存储器数据传送的宽度为 16 位(每次传送 16 位)。请问:

- (1) 磁盘存储器的容量是多少字节?
- (2) 最高位密度与最低位密度是多少?
- (3) 磁盘数据传输率是多少 bps?
- (4) 假设一条指令最长执行时间是 25 μ s,是否可采用一条指令执行结束时响应 DMA 请求的方案(可参照第 6 章内容,阐明理由和建议方案)?

5.5 设磁盘接口的数据传输速率为 20MB/s,旋转速度为 5400rpm,寻道时间为 10ms,每个磁道容量为 64KB,控制器延迟时间为 0.5ms,磁盘采用一个 Cache 存放数据以提高平均访问速度。试回答下列问题:

- (1) 若磁盘 Cache 不命中,磁盘访问一个磁道数据的时间是多少?
- (2) 在磁盘 Cache 命中时,磁盘访问一个磁道数据的时间又是多少(假设 Cache 容量足够大,可以忽略 Cache 的访问时间)?
- (3) 设磁盘 Cache 的命中率为 0.8,则磁盘的平均访问时间是多少?

5.6 选择题。

- (1) 计算机的外围设备是指_____。

- A. 输入/输出设备
- B. 外存储器
- C. 远程通信设备
- D. 除了 CPU 和内存以外的其他设备

- (2) CRT 显示器显示图形图像的原理是图形图像_____。

- A. 由点阵组成
- B. 由线条组成
- C. 由色块组成
- D. 由方格组成

- (3) 灰度级是指_____。

- A. 显示图像像素点的亮度差别
 - B. 显示器显示的灰度块的多少
 - C. 显示器显示灰色图形的能力级别
 - D. 显示器灰色外观的级别
- (4) 帧是指_____。
- A. 显示器一次光栅扫描完整个屏幕构成的图像
 - B. 隔行扫描中自左至右水平扫描的一次扫描过程
 - C. 一幅照片所对应显示的一幅静态图像
 - D. 一幅固定不变的图像所对应的扫描
- (5) 一台可以显示 256 种颜色的彩色显示器,其每个像素对应的显示存储单元的长度(位数)为_____。
- A. 16 位
 - B. 8 位
 - C. 256 位
 - D. 9 位
- (6) 若显示器的灰度级为 16,则每个像素的显示数据位数至少是_____。
- A. 4 位
 - B. 8 位
 - C. 16 位
 - D. 24 位
- (7) 显示器的主要参数之一是分辨率,以下描述中含义正确的是_____。
- A. 显示器的水平和垂直扫描频率
 - B. 显示器屏幕上光栅的列数和行数
 - C. 可显示的不同颜色的总数
 - D. 同一幅画面允许显示的不同颜色的最大数目
- (8) CRT 的分辨率为 1024×768 像素,像素的颜色数为 256,为保证一次刷新所需的数据都存储在显示缓冲存储器中,显示缓冲存储器的容量至少为_____。
- A. 512KB
 - B. 1MB
 - C. 256KB
 - D. 2MB
- (9) 下面关于计算机图形、图像的叙述中,正确的是_____。
- A. 图形比图像更适合表现类似于照片和绘画之类的真实感画面
 - B. 一般来说图像比图形的数据量要少一些
 - C. 图形比图像更容易编辑、修改
 - D. 图像比图形更有用
- (10) 由于磁盘上内圈磁道比外圈磁道短,因此_____。
- A. 内圈磁道存储的信息比外圈磁道少
 - B. 无论哪条磁道存储的信息量均相同,但各磁道的存储密度不同
 - C. 内圈磁道的扇区少使得它存储的信息比外圈磁道少
 - D. 各磁道扇区数相同,但内圈磁道上每扇区存储的信息少
- (11) 激光打印机的打印原理是_____。
- A. 激光直接打在纸上
 - B. 利用静电转印
 - C. 激光控制墨粉的运动方向
 - D. 激光照射样稿
- (12) 把一种设备的移动距离和方向变为脉冲信息传送给计算机,计算机再把该脉冲信息转换成显示器光标的坐标数据,从而达到指示位置的目的是_____。
- A. 键盘
 - B. 鼠标器
 - C. 扫描仪
 - D. 数字化仪
- (13) 传递转动采用滚球、转轴的机械结构,但是编码器采用的是光学器件,通过光栅切割红外线的光学方法来判断移动方向的鼠标是_____鼠标。

- A. 光电式 B. 机械式 C. 球鼠 D. 光机式
- (14) 组成声卡的下列各部件中,对音质影响最直接、最基础的是_____。
- A. 晶体振荡器 B. 主音频处理芯片
- C. 运算放大器 D. 多媒体数字信号编码器芯片
- (15) 计算机通过_____设备,将声音文件的数字音频信号转变为模拟音频信号。
- A. 视频卡 B. 音箱 C. 声卡 D. 麦克风
- (16) 音箱除了接口部分和音箱本身外,一般都具有_____。
- A. A/D 转换器 B. D/A 转换器
- C. 压缩解压缩线路 D. 放大器

5.7 填空题。

- (1) 计算机的外围设备大致分为输入设备、输出设备、_____、_____、_____和其他辅助设备。
- (2) 显示器的刷新存储器(或称显示缓冲存储器)的容量是由_____、_____决定的。
- (3) 显示适配器作为 CRT 与 CPU 的接口,由_____存储器、_____控制器和 ROMBIOS 三部分组成。先进的_____控制器具有_____加速能力。
- (4) CRT 显示器的光栅扫描方式可分为_____和_____。
- (5) 根据打印方式的不同,打印机可以分成_____和_____两种。
- (6) 激光打印机的工作过程分为_____阶段、_____阶段、_____阶段和_____阶段。
- (7) 鼠标器按与计算机连接的接口方式可以分为_____鼠标、_____鼠标、_____鼠标和_____鼠标 4 类。
- (8) 在分辨率相同的情况下,CRT 显示器与 LCD 显示器图像清晰度高的的是_____,对人体有害的辐射低的是_____,响应速度_____较快。
- (9) 在彩色 LCD 面板中,每一个像素都是_____液晶单元格构成,其中每一个单元格前面都分别有_____、_____或_____的过滤器。这样,通过不同单元格的光线就可以在屏幕上显示出不同的颜色。
- (10) 磁盘的技术指标可用平均存取时间衡量,它包括_____和_____两个部分。
- (11) 磁盘等磁表面存储器的写入电流波形决定了记录方式,此外还反映了该记录方式是否有_____能力。