

第3章 输入输出系统

输入输出系统是计算机主机与外界交换信息时需要的硬件和软件设备的总称,简称I/O系统。一般说来,I/O系统的硬件由以下两个方面组成。

(1) 外部设备:围绕主机而设置的各种信息媒体转换和传递的设备。

(2) 设备控制器与接口:控制主机与外部设备之间的信息格式转换、交换过程以及外部设备运行状态的硬、软件,也称设备适配器,它与外部设备的特性有关。

本章主要介绍计算机输入输出系统组成原理。

3.1 I/O 设备

I/O设备也称为外围设备。它们是指计算机系统中,除主机以外,直接或间接与计算机交换数据、改变媒体或载体形式的装置。

3.1.1 I/O 设备及其发展

1. I/O 设备及其分类

对外部设备进行严格的分类是困难的。现代技术的集成性特点形成了“你中有我,我中有你”的局面,使人无法用一种规则就能描述出某种设备与其他设备相区别的明显轮廓。比如:

(1) 按器件性质可以分为机电设备、电子机械设备、光电设备、磁电设备等。但实际上又很难完全区分得清楚,因为磁、光、机械都离不开电,现代任何设备又都离不开电子。

(2) 按照设备与主机之间的关系,可以分为输入设备和输出设备,可是有些设备既有输入功能又有输出功能,如触摸屏、网卡等。

(3) 按照服务对象分,外部设备可以分为人-机交互设备(如显示器、打印机、数码相机等)、机-机通信设备(如网卡、A/D与D/A转换器等)和计算机信息驻在设备(如磁盘、光盘和闪存),但是有些设备,如条码阅读器到底是哪种类型,还说不太清楚。

(4) 按照处理的对象,可以分为字符设备、图形/图像设备、声音设备、影视设备、虚拟现实设备等,但多数设备现在已经集有多种功能。

2. 人-机界面技术的进步

计算机作为扩展与延伸人的大脑的智力工具,主要还是由人直接使用。现在,人们越来越意识到,人-机界面是除硬件和软件之外组成计算机系统的第三大要素。迄今为止,计算机人-机界面技术已经形成符号界面技术—图形界面技术—多媒体界面技术—虚拟现实界面技术等多层次的系列技术。

1) 符号界面技术

在计算机刚刚出现时,人们只能使用机器语言,利用纸带、卡片穿孔机和光电输入机,实现“0”、“1”码的输入。它用一系列特定位置处的有孔和无孔的组合表示不同的字符,进而再用字符组成命令。不管问题难易,都要先在纸带上穿孔;出现问题便要细细辨认哪个位置上的孔被穿错。这种基于机器端的人-机界面的全手工操作方式与计算机处理的先进性极不适应,严重地消耗着技术人员的精力。于是人们开始开发直接的符号式人-机界面技术。先是汇编语言,接着是高级语言应运而生,同时研制出与之相适应的面向符号处理的人-机交互设备——打印机、键盘和显示器。

2) 图形界面技术

对打印和显示来说,符号处理实际上就是简单的图形处理。所以,图形设备几乎与字符设备同步发展。1950年,美国麻省理工学院用一个类似于示波器的阴极射线管(CRT)显示计算机处理的简单图形,是最早的计算机图形设备,也是计算机图形学研究的开始。

由于CAD、CAM、CAI以及艺术、商业、科研等方面的需要,20世纪60年代起计算机图形学进入了蓬勃发展的时期,图形外部设备也得到了迅速发展。到20世纪70年代中期,廉价的固体电路随机存储器的出现,基于电视技术的光栅扫描图形显示器出现,计算机图形技术与电视技术衔接,使图形更加形象、逼真。与此同时,先后出现了光笔、图形输入板、操纵杆、跟踪球、鼠标器、拇指轮等定位/拾取设备,以及坐标数字化仪、绘图仪、扫描仪等。

3) 多媒体界面技术

图形比语言所含的信息量要大得多。用图形比用语言描述要贴切。从信息论的角度,信息是再现的差异,它能消除人在特定方面的不确定性。人通过感觉获得信息,感觉过程是外部对人的感官的刺激过程,刺激的强度取决于信息的强度以及人的感官与信息的连接性,即人与接收的信息的匹配状况。除人的兴趣因素外,不同的感官具有不同的信息接收效率。据统计,人类通过感觉器官收集到的全部信息中,视觉约占65%,听觉约占20%,触觉约占10%,味觉约占2%,即大部分信息要靠视觉和听觉接收。一般而论,在诸感官中,视觉由于与大脑中枢最靠近,神经最发达,所以接收信息的效率最高,其次是听觉。研究证实,在其他条件相同的情况下,让视觉和另一个感官分别接收不同的信息,当两个信息矛盾时,大部分人实际接收到的是视觉信息;而当人的几个不同的感官,尤其是视觉和听觉协同接收相关信息时,人与该信息的连接性要比单独用一个感官要高许多。根据这一原理,进入20世纪80年代后,人们开始致力于将文本、声音、图形和图像的综合处理,建立多种信息媒体的逻辑连接,使之具有人-机交互性,并将之称为多媒体计算机技术(multimedia computing)。图3.1为常见的计算机媒体及其分类图。

多媒体技术的核心包括以下几个方面。

(1) 开发具有视觉、听觉和说话能力的外部设备,如全屏幕及全运动的视频图像、清晰全电视信号及高速真彩色图形的显示设备和摄像设备,高保真度的音响,以及语音识别器、语音合成器等。

(2) 高速、大容量的计算机系统。

(3) 视频和音频数据压缩和解压缩技术。多媒体计算机的关键问题是计算机实时地综

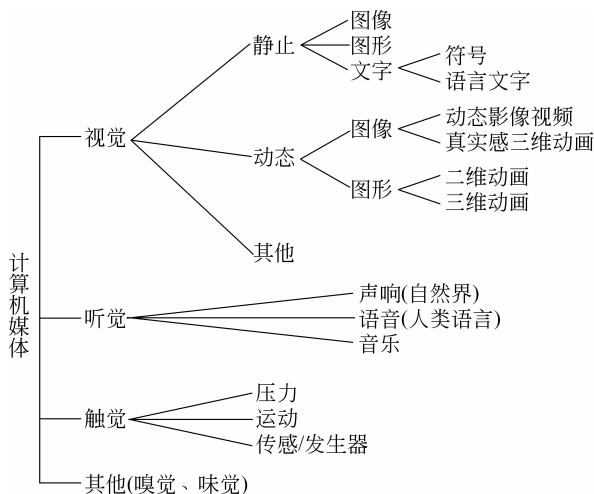


图 3.1 常见的计算机媒体及其分类

合处理声、图、文信息，数字化的图像和声音信号的数据量是非常大的。一幅 640×480 像素中等分辨率的彩色图像(24 比特/像素)的数据量约为 7.37Mb/帧；如果是运动图像，要以每秒 30 帧或 25 帧的速度播放，视频信号传输速率为 220Mb/s，将其存在 600MB 的光盘中，只能播放 20s。对于音频信号，以激光唱盘 CD-DA 声音数据为例，如果采样频率为 45.1kHz，量化为 16 比特两通道立体声，600MB 的光盘只能存放 1 小时的数据，其传输速率为 150KB/s。在一般微机上，没有 200 倍以上的数据压缩比，上述功能是难于实现的。

(4) 人工智能和交互式技术。图像和声音的认识和理解都属于约束不充分(under constrained)问题。它们不能提供充分的约束以求得唯一解，还必须有知识导引(涉及人工智能)和人-机之间的交互作为补充。

4) 虚拟现实技术

虚拟现实(virtual reality, VR)又称灵境(或幻境)技术，它是以某些直接感觉为引导，借助人脑的联想，激发其他非直接感觉神经活动，产生的一种幻觉。例如望梅止渴，是通过“视觉”来激发“味觉”，产生一种吃梅子的幻觉。虚拟现实的目标是要人“信”，或者是“出神”、“着迷”、“上瘾”，产生一种“情不自禁”的沉浸感。通常作为引导(或导入)感觉的是视觉(如上述“望梅”)、听觉(如听小说)和触觉等。

通常，把虚拟现实技术概括为 3 个基本特征，即 3I：

(1) Interaction——交互性：参与者可以通过专用设备，用人的自然技能对模拟环境进行考察与操作。

(2) Imagination——幻觉性：VR 并非真实的存在，而是计算机技术形成的幻觉。

(3) Immersion——沉浸感：VR 用一套全新的电子刺激代替真实世界的各种感觉，使人在计算机产生的仿真中，有一种“身临其境”的感觉。如在一个虚拟手术室中，实习医生可以对一个“病人”的任何部位进行手术；在一个虚拟驾驶室中，见习司机可以用任何速度在复杂的“道路”上驾“车”行驶；若发生“事故”，只能让你心惊胆战，而皮肉丝毫不损。

3. 绿色计算机设备

目前,计算机世界正酝酿着另一场革命,是绿色计算机浪潮。绿色是人类生存和健康的象征,绿色计算机是科技与环保相结合的经典之作。对它的具体要求大致有如下几个方面:

1) 节能

据估计,节能型计算机是普通计算机耗电的 $1/5$ 至 $1/20$ 。美国政府期望,如果现在的个人计算机有 $2/3$ 符合能源的新要求,则在美国整个计算机的耗电量中(约 700 亿千瓦时)可节约 260 亿千瓦(约 37%)。

2) 低污染

实现生产过程的绿色化,可用再生的材料代替聚脂类材料,不再使用 CFC 清洗剂等含氟氯碳化物的材料,包装材料也不能含有害的化学物质;打印机的噪声将降到最小限度;绿色计算机的电磁辐射也要符合环保标准。

3) 易回收

这包括系统本身的材料、包装材料、雷射印表机的色匣以及大量的纸张等。机器的结构设计将相当合理,拆装十分容易,同时采用可再生材料,使机器的回收或销毁不再令人头痛。

4) 符合人体工程学

绿色计算机与人类将更加友好,主机、显示器、键盘等的造型将设计得更加舒适美观,加上当今多媒体技术,不仅使工作效率大大提高,从中也将得到一种美的享受。

3.1.2 键盘

1. 普通键盘及其原理

字符输入设备的实质是将要输入的字符转换成相应的 0、1 码。目前,键盘是最重要的字符输入设备。

按照工作的物理性质一般可分为如下 3 种:

(1) 触点式键盘:借助于金属把两个触点接通或断开以输入信号。

(2) 无触点式键盘:借助于霍尔效应开关(利用磁场变化)和电容开关(利用电流和电压变化)产生输入信号。

(3) 激光式虚拟键盘:在任意平面上投影出全尺寸的电脑键盘,当手指头按下投影片键盘时,会阻断该位置的红外线,造成反射通过感知器就接受到反射的坐标,由此得知按下的是什么键。

因此说,键盘的基本组成元件是按键开关。如图 3.2 所示,这些开关在线路板上排成行、列矩阵格式,用硬件或软件对行、列分别扫描,就可以确定被按下键的位置。

在对键盘位置进行扫描的过程中所产生的用以确定按键位置的码,称为键盘的扫描码。有了键盘扫描码后,键盘处理器用其与只读存储器(ROM)内的字符映射表进行比对,就可以得到相应的内码。例如,字符映射表会告诉处理器单独按下 a 键得到的扫描码对应于小写字母 a,而同时按下 Shift 键和 a 键得到的扫描码对应于大写字母 A。

可以使用不同的字符映射表取代键盘中原来使用的映射表。不同的语言输入法有不同的字符映射表。

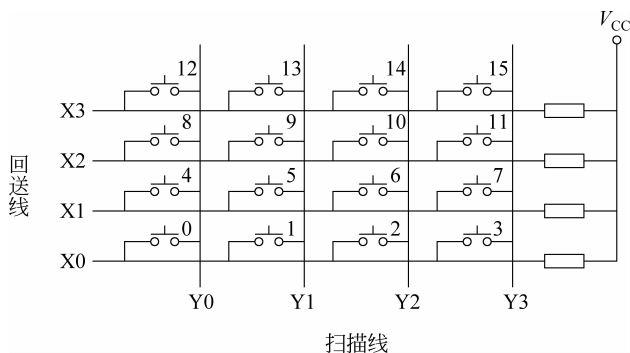


图 3.2 键盘组成的开关矩阵

当按下一个键时,键盘内的处理器会对键矩阵进行分析,并将确定的字符保存在自己的缓冲区内,然后才发送这些数据。

因此,一个键盘要有下列部件组成:

- 开关矩阵;
- 键盘处理器;
- 字符映射表(ROM);
- 键盘缓冲区。

因按键时会使键产生机械抖动,为防止因此造成的错误判断,在键盘控制电路中都含有硬的或软的消除抖动影响的机制。

2. 键盘上的按键类型

键盘是在打字机 (typewriter) 的基础上发展而来,其按键数曾出现过 83 键、87 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 平台提供增加了三个快捷键(有两个是重复的),所以也被称为 Windows 9X 键盘。

不管键盘形式如何变化基本的按键排列还是保持基本不变,可以分为主键盘区、Num 数字辅助 (Num) 键盘区、键功能 (F) 键盘区、控制键区,对于多功能键盘还增添了快捷键区。

主键盘区包括字母表的各个字母的文字字符键,通常与打字机的键盘布局相同,采用如图 3.3 所示的 QWERTY 顺序排列。除此之外,其他键盘布局还包括 ABCDE、XPeRT、QWERTZ 和 AZERTY。每种布局都是由键盘的前几个字母来命名的。其中,QWERTZ 和 AZERTY 键盘排列方式在欧洲应用广泛。

打字机上的数字键原来是布置在键盘最上方的。计算机键盘最初也是这样一种布局。

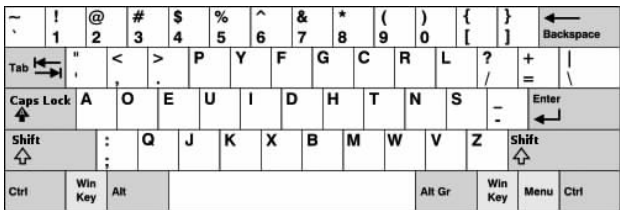


图 3.3 QWERTY 键盘

后来,由于随着计算机在商务环境中的应用日益增加,为了能快速录入数据并进行简单计算,开始将这些数字键组织成一个相对独立区间或制成一个独立小键盘。现在,数字小键盘上的键数一般为图 3.4 所示的 17 个键,是在 10 个数字键上添加了四则运算符以及 Enter、Delz 和 NumLock 而成,并采用加法机和计算器上的布置。

1986 年,IBM 公司对基本键盘进行了扩展,增加了功能键和控制键。应用程序和操作系统可以向功能键指定特定的命令,控制键还可以提供光标和屏幕控制。四个箭头键呈倒 T 型分布在输入键和数字小键盘的中间,可用来在屏幕上小幅移动光标。



图 3.4 数字小键盘

常规键盘还具有 CapsLock 键(用于字母大小写锁定)、NumLock 键(用于数字小键盘锁定)、ScrollLock 键(用于滚动锁定),还有三个指示灯(部分无线键盘已经省略这三个指示灯),标志键盘的当前状态。

其他常用控制键包括: Home、End、Insert、Delete、Page Up、Page Down、Ctrl、Alt、Esc。

3. 软键盘

软键盘(soft keyboard)并不是物理的键盘,而是通过软件显示在“屏幕”上的模拟键盘。这种键盘只能用鼠标点击输入字符。

软键盘盘面有固定和随机两种布局形式。固定布局一般用于便携智能设备,如手机、平板电脑,可以省去携带物理键盘。

随机布局软键盘常用于银行的客户端上要求输入账号和密码的地方。如图 3.5 所示,由于软键盘是随机生成的,每次键盘上数字的顺序都不同,除非使用快速截取屏幕或者监听网络数据包的方法,否则很难记录输入的字符,可以防止木马记录键盘输入的密码。

4. 虚拟激光键盘 VLK

图 3.6 是一个正在操作 VLK 键盘时的情形。VLK(virtual laser keyboard,虚拟激光键盘)也称虚拟投影键盘,简称激光键盘或虚拟键盘,它是由光投射所形成的影像键盘。几乎能在任意平面上投影出全尺寸的影像键盘,并且在不使用时会完全消失。



图 3.5 某银行的客户端登录软键盘



图 3.6 激光投射键盘

如图 3.7 所示,激光投影键盘系统主要由 3 个部分组成:

- (1) 投影模块 A: 该模块由经过特殊设计的高效全息光学原件照明产生,元件带有红色二极管激光器。
- (2) 红外模块 C: 可以产生与界面表面平行红外线光照平面。光线照在表面上几毫米处,但肉眼几不可见。
- (3) 传感器模块 B: 内含定制的硬件,能够实时确定反射光的位置。

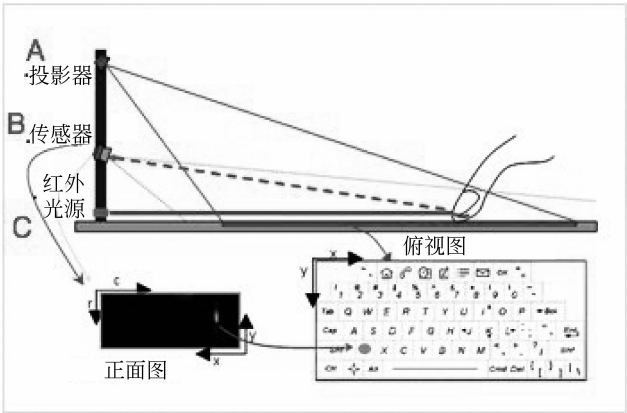


图 3.7 激光投影键盘工作原理

虚拟键盘的适用性技术对用户手指运动加以研究,对键盘击打动作进行解码和记录。当手指敲击时,按键边上就会对 C 所发出的红外线产生反射,传到传感器模块 B 上。传感器芯片可以精确感知手指的动作和所敲击的位置。

3.1.3 打印设备

1. 打印设备及其分类

打印机(printer)是计算机的输出设备之一,用于将计算机处理结果打印在相关介质上,产生永久性记录。打印设备种类繁多,有多种分类方法。衡量打印机好坏的指标有三项:打印分辨率,打印速度和噪声。按打印字符结构,分全形字打印机和点阵字符打印机。按一行字在纸上形成的方式,分串式打印机与行式打印机。

1) 按印字动作分类

- (1) 击打式: 在打印过程打印头要撞击纸。击打式打印机又分为活字式打印和点阵式打印。
- (2) 非击打式: 采用电、磁、光、喷墨等物理、化学方法印刷字符,在打印过程中纸不被撞击。如激光印字机(其技术来自复印机)、喷墨印字机等。

2) 按工作方式分类

- (1) 串行打印机: 逐字打印。
- (2) 行式打印机: 一次输出一行。

3) 按输出形式分类

- (1) 字符打印机。

(2) 图形打印机。

4) 按输出的色彩分类

(1) 黑白打印机；

(2) 彩色打印机。

5) 按所采用的技术分类

按所采用的技术分可以分为柱形、球形、喷墨式、热敏式、激光式、静电式、磁式、发光二极管式等打印机。

2. 打印机的性能指标

下面讨论打印机所共有的主要性能指标。

1) 打印分辨率

分辨率是判断打印机输出效果好坏的一个很直接的依据,也是衡量打印机输出质量的重要参考标准,用 dpi(dot per inch)作为单位。打印分辨率其实就是指打印机在指定打印区域中,可以打出的点数,对于喷墨打印机来说,就是表示每英寸的输出面积上可以输出多少个喷墨墨滴,打印分辨率越高的话,图像输出效果就越逼真。打印分辨率一般包括纵向和横向两个方向,它的具体数值大小决定了打印效果的好坏与否,一般情况下激光打印机在纵向和横向两个方向上的输出分辨率几乎是相同的;而喷墨打印机在纵向和横向两个方向上的输出分辨率相差很大,一般情况下所说的喷墨打印机分辨率就是指横向喷墨表现力。

点阵打印机常见的打印分辨率为每英寸 180 个点或 300 个点,记做 180dpi 或 300dpi。

喷墨打印机的分辨率一般为 $600 \times 1200\text{dpi}$ 、 $1200 \times 1200\text{dpi}$ 、 $2400 \times 1200\text{dpi}$ 。

激光打印机的主流打印分辨率为 $600 \times 600\text{dpi}$,更高的分辨率可以达到 $1200 \times 1200\text{dpi}$ 。由于激光打印机在工作时可能会因抖动或其他问题,在打印纸张上出现锯齿现象,因此为了保证打印效果,大家应尽量选择分辨率在 600dpi 以上的激光打印机。

常用的小型激光印字机、喷墨印字机的分辨率为每英寸 300 点到 600 点,打印幅面一般为标准 A4 型号的标准纸张。有些高级的打印机还允许切换使用多种幅面规格和不同材料质量的打印媒质。

2) 打印幅面

不同用途的打印机所能处理的打印幅面是不相同的。通常,打印机可以处理的打印幅面包括 A4 幅面以及 A3 幅面这两种;对于使用频繁或者需要处理大幅面的办公用户或者单位用户来说,可以考虑去选择使用 A3 幅面的打印机,甚至使用更大的幅面。有些专业输出要求的打印用户,例如工程晒图、广告设计等,都需要考虑使用 A2 或者更大幅面的打印机了。

3) 打印速度

点阵打印机速度用 cps(character per second)衡量,它指每秒打印的字符数,一般每秒钟 300 个字符左右,记作 300cps。激光打印机则以 ppm(page per minute)衡量,它指用 A4 幅面打印各色碳粉覆盖率为 5%的情况下每秒的打印页数。由于每页的打印量并不完全一样,因此 ppi 只是一个平均数字打印速度打印速度指标。

目前激光打印机市场上,普通产品的打印速度可以达到 35ppm,而那些高价格、好品牌

的激光打印机打印速度可以超过 80ppm 以上。不过,激光打印机的最终打印速度还可能受到其他一些因素的影响,比方说激光打印机的数据传输方式、激光打印机的内存大小、激光打印机驱动程序和计算机 CPU 性能,都可以影响到激光打印机的打印速度。

对于喷墨打印机来说,ppm 值通常表示的是该打印机在处理不同打印内容时可以达到的最大处理速度,而实际打印过程中,喷墨打印机所能达到的数值通常会比说明书上提供的 ppm 值小一些。影响喷墨打印速度的最主要因素就是喷头配置,特别是喷头上的喷嘴数目,要是喷头的数量越多的话,那么喷墨打印机完成打印任务需要的时间就越短暂。

应当注意,打印速度有两种不同的含义:一种类型是指打印机可以达到的最高打印速度,另外一种类型就是打印机在持续工作时的平均输出速度。不同款式的打印机在打印说明书上所标明的 ppm 值可能所表示的含义不一样,所以在挑选打印机时,一定要向销售商确认一下,操作说明书上所标明的 ppm 值到底指的是什么含义。

4) 打印成本

打印成本主要考虑打印所用的纸张价格、墨盒或者墨水的价格,以及打印机自身的购买价格等。

5) 打印可操作性

打印可操作性指标对于普通用户来说,非常重要,因为在打印过程中,经常会涉及如何更换打印耗材、如何让打印机按照指定要求进行工作,以及打印机在出现各种故障时该如何处理等问题。面对这些可能出现的问题,普通用户就必须考虑打印机的可操作性是不是很强。具体地说,那种设置方便、更换耗材步骤简单、遇到问题容易排除的打印机,就应该成为普通大众的选择目标。

6) 打印噪声

和激光打印机相比,喷墨打印机“天生”就有一种缺陷,那就是打印机在工作时会发出噪声,要是我们不希望自己在工作时,受到喷墨打印机“刺耳”噪声骚扰的话,那就必须要考虑该指标的大小了。该指标的大小通常用分贝来表示。在选择该指标时,尽量去挑选指标数目比较小的喷墨打印机,这样用户就能在一种比较安静的环境中工作了。

7) 打印内存

打印机内存是表示打印机能存储要打印的数据的存储量,如果内存不足,则每次传输到打印机的数据就很少。一页一页打印或分批打印少量文档均可正常打印,如果打印文档容量较大,客户在打印的过程中往往能够正常打印前几页,而随后的打印作业会出现数据丢失等现象。同时打印机的液晶面板或状态指示灯会提示打印机内存不足或溢出,有时在计算机的显示器上也会有相应的出错信息。这是由于该打印文档所描述的信息量大造成了打印机内存的不足。此时,如果想提高打印速度、提升打印质量就需要增加打印机内存。目前主流打印机的内存为 2~32MB,高档打印机可达到 128MB 内存。相信随着打印产品的发展,打印机的内存也会逐步提高,以适应不同环境的打印需求。

3. 打印机的一般工作原理

图 3.8 列出一般打印机的基本组成:字车行走机构、打印头、走纸机构、色带机构、与主计算机的接口及控制等。

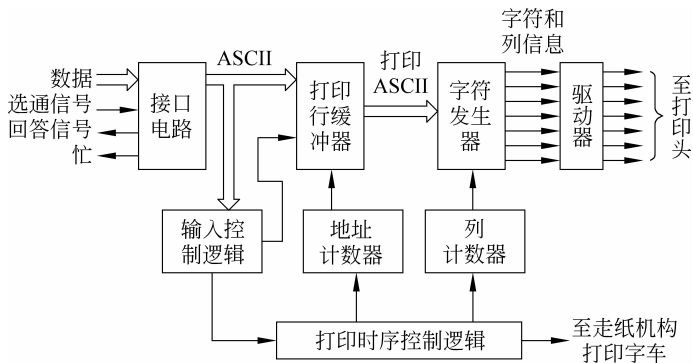


图 3.8 打印机的基本组成

打印机与主计算机接口信号为 8 位数据总线信号、选通信号、打印机至主计算机的回答信号和“忙”信号。假设打印机处于初始状态，行缓冲器内没有要打印的字符码，打印头在字车（台架）的最左端，此时打印机输出“非忙”信号。主机要打印时，首先查询打印机“忙”状态。“忙”状态为无效时，允许数据输入，于是主机向打印机输出一个字符码；在选通信号有效时，打印字符码被送入打印机接口中的数据寄存器。打印机输入控制逻辑判断输入字符是打印字符还是控制字符（如 CR 或 LF），如为打印字符，则将该字符送入打印行缓冲器，并使地址计数器加 1，接着接口电路产生回答信号，通知主计算机准备好接收下一数据。如此重复，直到把要打印的一行字符信息都存入打印行缓冲器。到行结束时，主机应发送 CR 或 LF 码。当输入缓冲器满时，在输入控制逻辑的判别下，发出“忙”信号，告知主机不能再送来数据，打印机开始打印一行字符。此时在时序电路的控制下，将打印行缓冲器内的一个字符码取出，作为字符发生器的高位地址，列计数作为其低位地址，然后从字符发生器的该地址取出字符码的第一列位图信息。随着列计数器的不断增值，该字符的各列位图逐次取出，并经驱动电路控制打印针头动作。一个字符打印完后，地址计数器加 1，再取下一个字符打印。时序电路同步地控制打印头车架自左向右运动，在一行打印完后控制走纸机构走纸一行。当打印头车架又返回到最左端时，接口电路又发出准备好的“非忙”信号，主机又可输出一行信息纵向打印。若干列后，一个字符才被打印完毕，一行字符打印完后再走纸。

4. 针式打印机

点阵式打印机是一种结构简单的打印机，并且字符种类不受限制，易于实现汉字打印，也可以打印图像。针式打印机的打印头中装有一列或两列 m 根打印针，每根针可以单独驱动也可以并列驱动；打印头移动一次，由字符发生器或图形发生器中对应列进行控制适当的针撞击色带和纸，印出一列或两列点，然后移动到下一列位置打印。打印若干列才形成一个字符的点阵。通常，西文字符点阵为 5×7 、 7×7 、 7×9 点阵等，中文汉字至少为 16×16 、 24×24 点阵，还有 48×48 、 64×64 点阵等。图 3.9 为 9 针打印头移动并打印 7 次形成一个 7×9 字符点阵的示意图。显然，点越多，分辨率越高，印字质量越好。打印完一行字符后，

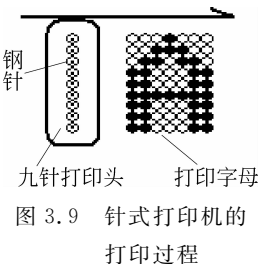


图 3.9 针式打印机的打印过程

上前行走纸一行,打印下一行字符。

5. 喷墨打印机

喷墨打印机的实质是喷色。所喷之色可以是固体形式,也可以是液体形式。目前大量使用的是液体喷色——液体喷墨。

喷墨打印机在打印图像时,打印机喷头在快速扫过打印纸的过程中,其上面的大量(一般都有 48 个或 48 个以上)喷嘴就会喷出大量小墨滴,组成图像中的像素。由于除了墨滴的大小以外,墨滴的形状、浓度的一致性都会对图像质量产生重大影响,因此墨滴的喷射控制是喷墨打印机的关键技术环节。目前广泛采用的液体喷墨技术有气泡技术与液体压电式技术。

气泡技术也称热发泡技术或热喷墨打印技术,其基本原理是通过墨水在短时间内的加热、膨胀、压缩,将墨水喷射到打印纸上形成墨点,增加墨滴色彩的稳定性,实现高速度、高质量打印。图 3.10 表明热喷墨打印机中墨滴的生成过程:①气泡技术利用薄膜电阻器,在墨水喷出区中将小于 5 微微升的墨水瞬间加热至 300℃ 以上,形成无数微小气泡;②气泡以极快的速度(小于 10μs)聚为大气泡;③气泡扩展,迫使墨滴从喷嘴喷出;④气泡再继续成长数微秒,便消逝回到电阻器上,使喷嘴的墨水缩回;⑤表面张力产生吸力,拉引新的墨水补充到墨水喷出区准备下一次的循环喷印。

由于接近喷嘴部分的墨水被不断加热冷却,积累的温度不断上升(至 30℃~50℃),因而需要利用墨盒上部的墨水循环冷却,但在长时间打印中,整个墨盒里的墨水仍然会保持在 40℃~50℃ 左右。由于热气泡喷印是在较高的温度条件下进行,所以其喷墨必须设计为低粘度(约小于 1.5mPa·s)高张力(约大于 40mN/m),以保证长时间持续高速打印。

压电喷墨技术也称微压电喷墨技术,属于常温常压打印技术。如图 3.11 所示,微压电技术把喷墨过程中的墨滴控制分为 3 个阶段:①在喷墨操作前,压电元件首先在信号的控制下微微收缩;②元件产生一次较大的延伸,把墨滴推出喷嘴;③在墨滴马上就要飞离喷嘴的瞬间,元件又会进行收缩,干净利索地把墨水液面从喷嘴收缩。

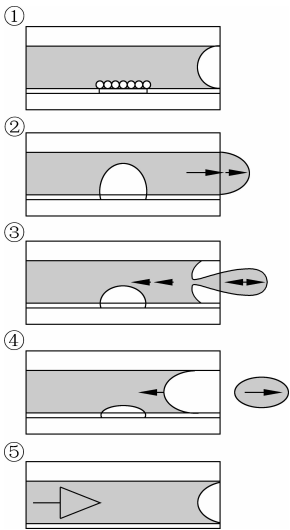


图 3.10 热喷墨打印机中墨滴的生成过程

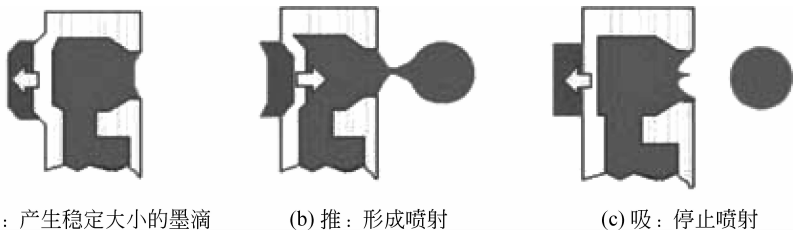


图 3.11 微压电晶体喷射墨滴过程

这样，墨滴液面得到了精确控制，每次喷出的墨滴都有完美的形状和正确的飞行方向。在这个过程中，起关键作用的是放置在打印头喷嘴附近的许多微小的压电陶瓷，压电陶瓷在两端电压变化作用下具有弯曲变形的特性，当图像信息电压加到压电陶瓷上时，压电陶瓷的伸缩振动变形将随着图像信息电压的变化而变化，并使墨头中的墨水在常温常压的稳定状态下，均匀准确地喷出墨水。这种技术有着对墨滴控制能力强的特点，容易实现 1440dpi 的高精度打印质量，且微压电喷墨时无需加热，墨水就不会因受热而发生化学变化，故大大降低了对墨水的要求。

喷墨技术与针式打印技术相比，一个非常突出的特点是可以实现彩色打印。根据三原色原理，只要装上性质比较稳定的青色、红紫色、黄色 3 色墨盒，对不同的点按照不同的比例对 3 种颜色相混合，就可以让每一个喷头喷出任何颜色。所以，早期的彩色喷墨打印机采用三色墨盒。

但人们很快就发现只有这 3 种颜色是不够的，它们虽然可以混合出大部分颜色，但其色彩表现能力很差，其色域的宽广度和人眼的要求更是相差甚远，比如说用这 3 种颜色混合出来的黑色实际上只是一种比较深的色彩，并不是纯正的黑色，于是人们又在三色墨盒的基础上加入了黑色墨盒，这样一来就成为了四色墨盒，现在市场上的四色打印机就是使用这 4 种墨盒。

四色打印机虽然也可以打印彩色照片，但是它在表现色彩较为丰富的图片时就显得力不从心了，其色彩还原能力还是无法和冲印的相片相比，达不到人们对彩色相片的要求。于是为了使打印的照片色域更加宽广，人们又在四色墨盒的基础上增加了淡品红和淡青色的墨盒，使打印机成为六色打印机。

6. 激光打印机

功能结构上看，激光打印机可分为打印控制器和打印引擎两大部分。前者就是打印机的控制电路，负责接收来自计算机终端或网络的打印命令及相关数据，并指挥打印引擎进行相关动作，属于常规性部件。而打印引擎则根据来自打印控制器的命令进行实际的图像打印工作，激光打印机的实际性能更多取决于打印引擎。如图 3.12 所示，打印引擎主要包括感光鼓(drum, 硒鼓)、激光发生器、反射棱镜、碳粉盒、走纸机构、加热辊，此外还有两个元件图上没有画出：充电装置和放电装置等。

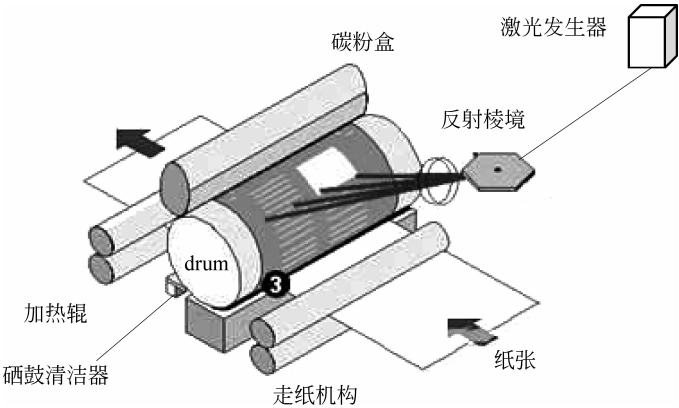


图 3.12 激光打印机打印引擎的组成与工作原理

在激光打印机的打印引擎中,最核心的部件是硒鼓,它是一个表面涂有硒-碲(Se-Te)无机光敏半导体材料的铝圆柱。下面结合图 3.12 和图 3.13 介绍硒鼓的工作过程。

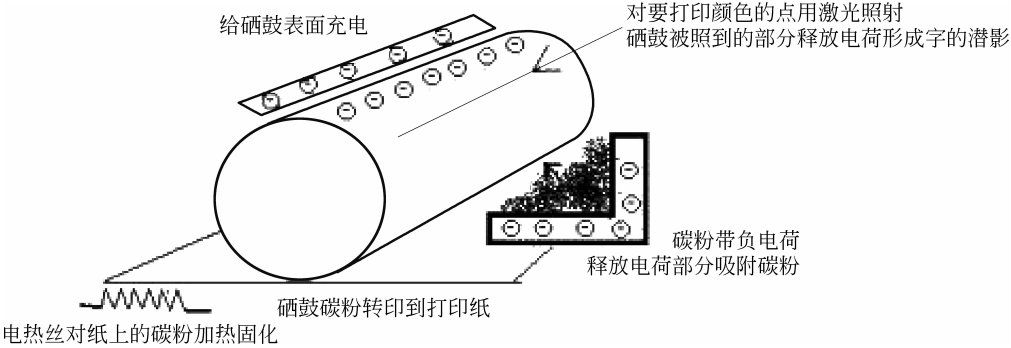


图 3.13 激光打印机硒鼓的工作状况

- (1) 硒鼓开始工作,充电装置形成的电场,使硒鼓表面充有正电荷,碳粉带有负电荷。
- (2) 打印机的控制器用要打印的图案控制激光信号,有图案处不产生激光,无图案处产生激光。这些带有图案信息的激光束照射在硒鼓上,被照射到的区域的光导层内载流子密度迅速增加,电导率急速上升,形成光导电压,电荷迅速消失,没有照射到的地方保留正电荷,形成由正电荷形成的潜影。这个过程称之为“曝光”。
- (3) 带负电荷的碳粉在周围电压作用下,吸附在硒鼓有正电荷区域。这个过程称之为“显影”。
- (4) 当带负电的碳粉随着感光鼓转到打印纸附近时,纸的后面放置的电极放正电,由于电压高达 $500\sim1000\text{V}$,静电吸引力便使纸紧贴在光导板上,带负电荷的碳粉即被吸附到纸的表面上。这一过程称为“转印”。
- (5) 转印之后,需要尽快将纸张与硒鼓相分离。为此,硒鼓要同纸的接触很小。为做到这一点,可以采用曲率分离方式。对于较薄的纸张,由于其刚性较差,可能不好分离,因此又在转印辊之后又增加了一个“消电装置”(消电极或消电齿,也称为分离齿或分离爪)。它的作用是把打印纸和吸附碳粉上的电荷中和,消除极性使其显中性,增加可分离性。
- (6) 加电辊(或红外线)熔化碳粉,将碳粉固化在纸上。这一过程称为“定影”。
- (7) 清洁器清理该部分硒鼓上的碳粉,消电器将感光鼓表面已经使用区均匀地充上一层负电荷来消除其表面残留的正电荷,移除和清洁残余潜影,为下一个周期的显影做好准备。

彩色激光打印机的基本原理与彩色喷墨打印机相似,如图 3.14 所示,它使用了青(cyan,C)、品红(magenta,M)、黄(yellow,Y)、黑(black,K)4种不同颜色的墨粉组成的CMYK配色系统,并经过4个同样的打印循环将墨粉转印到打印纸上。由于彩色激打相当于重复4次黑白激打的打印过程,它的打印速度理论上只有黑白激打的四分之一。

7. 其他打印机

除了以上3种最为常见的打印机外,还有热转印打印机和大幅面打印机等几种应用于

专业方面的打印机机型。热转印打印机是利用透明染料进行打印的,它的优势在于专业高质量的图像打印方面,可以打印出近于照片的连续色调的图片来,一般用于印前及专业图形输出。大幅面打印机(如图 3.15 所示)的打印原理与喷墨打印机基本相同,但打印幅宽一般都能达到 24 英寸(61cm)以上。它的主要用途一直集中在工程与建筑领域。但随着其墨水耐久性的提高和图形解析度的增加,大幅面打印机也开始被越来越多的应用于广告制作、大幅摄影、艺术写真和室内装潢等装饰宣传的领域中,又成为打印机家族中重要的一员。

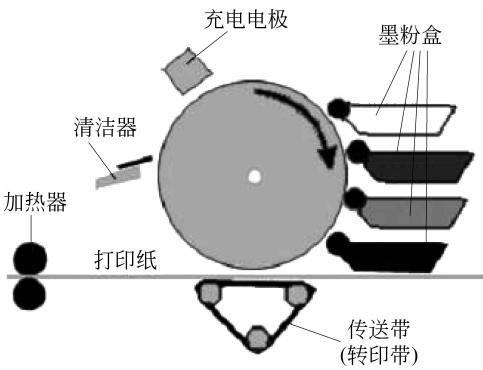


图 3.14 彩色激光打印机结构



图 3.15 大幅面打印机

8. 3D 打印机

3D 打印机是采用了快速成形技术的一种机器,它是一种数字模型文件为基础,运用粉末状金属或塑料等可粘合材料,通过逐层打印的方式来构造物体的技术。过去其常在模具制造、工业设计等领域被用于制造模型,现正逐渐用于一些产品的直接制造,意味着这项技术正在普及。它的原理是:把数据和原料放进 3D 打印机中,机器会按照程序把产品一层层造出来。打印出的产品,可以即时使用。通过 3D 打印机也可以打印出食物。图 3.16 为一组不同的 3D 打印图片。



图 3.16 一组不同的 3D 打印图片

3D 打印源自 100 多年前美国研究的照相雕塑和地貌成形技术,20 世纪 80 年代已有雏形,其学名为“快速成型”。

在 20 世纪 80 年代中期,SLS 被在美国得克萨斯州大学奥斯汀分校的卡尔 Deckard 博士开发出来并获得专利,项目由 DARPA 赞助的。1979 年,类似过程由 R. F. Housholder 得到专利,但没有被商业化。

1995 年,麻省理工创造了“三维打印”一词,当时的毕业生 Jim Bredt 和 Tim Anderson 修改了喷墨打印机方案,变为把约束溶剂挤压到粉末床的解决方案,而不是把墨水挤压在纸张上的方案。

3D 打印机(3D printers)是一位名为恩里科·迪尼(Enrico Dini)的发明家设计的一种神奇的打印机,它不仅以“打印”出一幢完整的建筑,甚至可以在航天飞船中给宇航员打印任何所需的物品的形状。2013 年 5 月 22 日,NASA 已选中总部位于得克萨斯州的系统和材料研究公司,向其投资 12.5 万美元,研发能为宇航员制造“营养可口”食品的 3D 打印机。

3.1.4 显示设备

显示设备是将各种电信号变为视觉信号的一种设备,是目前计算机给人传送信息的有效设备之一。

1. 显示设备的类型

计算机系统显示设备种类很多,目前计算机系统中使用最广泛的阴极射线管(Cathode Ray Tube,CRT)、等离子显示板(Plasma Display,PDP)、液晶显示(Liquid Crystal Display,LCD)和发光二极管(Light Emitting Diode,LED)等。

1) CRT

CRT 显示器相当于没有高频接收部分的电视机,它的基本原理是用一个电子束密集地对荧光屏高速逐行扫描,通过对电子束的扼制,控制荧光屏上的各点的隐或现,在荧光屏上显示字符或图形。

CRT 显示器一般采用光栅扫描方式,即电子束从左向右、自上向下作水平扫描和垂直扫描,电子束撞击显示屏上的众多的荧光粉点而使其发光,每个发光点就是一个像素。一屏扫描结束以后,再从第一行开始进行扫描,以维持屏幕上原来的图形连续显示,或反映字符图形的变化。

CRT 显示器具有清晰度高、实时性好、可进行动态显示等优点,缺点是体积大、笨重、耗电多,还需要高压供电,现在日趋淘汰。

2) LCD

LCD 使用液态晶体作为显示材料。液晶即液态晶体,是一种很特殊的物质。是一种具有规则性分子排列的有机化合物。它介于固体与液体之间,既像液体一样能流动,又具有晶体的某些光学性质。液晶分子的排列不像固态晶体那样牢固,它柔软易变,受电场、磁场、温度、应力等外部条件作用时,液晶分子就会重新排列,并且它具有各向异性的光学特性。

液晶通常有三种不同的分子结构:沾土状液晶(sinactic)、细柱状液晶(nematic)和软胶状液晶(cholesteric)。在 LCD 中使用的沾土状液晶是一种向列液晶,其分子形状为细长棒

形,长宽约 1~10nm(1nm=10Am),在不同电场作用下,液晶分子会做规则旋转 90°排列,产生光散射效应、旋光效应、双折射效应等光学效应,形成透光度的差别,如此在电源开和关的作用下产生明暗的区别,以此原理控制每个像素,便可构成所需图像。LCD 多用偏光器控制光线的透过率。当有环境光或背面光时,经光的透射而显示文字或图形。色彩则由与每个像素点对应的红、绿、蓝 3 个色彩过滤器过滤控制。

如图 3.17 所示,通常在两片玻璃基板上装有配向膜,液晶会沿着沟槽配向,当玻璃基板的配向沟槽偏离 90°时,液晶中的分子就会在同一平面内像百叶窗一样一条一条整齐排列,而分子的向列从一个液面到另一个液面过渡时会逐渐扭转 90°,也就是说两层分子的排列的相位相差 90°。

3) 等离子显示器

等离子显示器是一种利用气体放电的显示装置,其屏幕由多个放电小空间所排列而成,每一个放电小空间称为 cell;每一个 cell 都是注入有氖氙气体或水银气体的真空玻璃管,加高电压后,使气体产生等离子效应,放出紫外线,激励平板显示器上的红绿蓝三基色荧光粉发出红绿蓝(RGB)三原色当中的一色可见光,并利用激发时间的长短来产生不同的亮度。人们看到的多重色调的颜色,是由三个 cell 混合不同比例的原色而混成的。密布的 cell 的明暗和颜色变化组合,可以产生各种灰度和色彩的图像。

如图 3.18 所示。等离子显示器一般由三层玻璃板组成。在第一层的里面涂有导电材料的垂直条,中间层是 cell 阵列,第三层表面涂有导电材料的水平条。要点亮某个地址的 cell,开始要在相应行上加较高的电压,等该 cell 点亮后,可用低电压维持 cell 的亮度。关掉某个 cell,只要将相应的电压降低。cell 开关的周期时间是 15ms,通过改变控制电压,可以使等离子板显示不同灰度的图形。

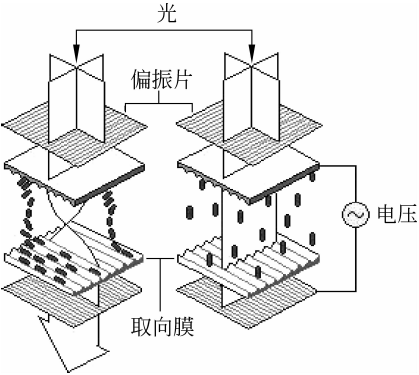


图 3.17 液晶显示器原理

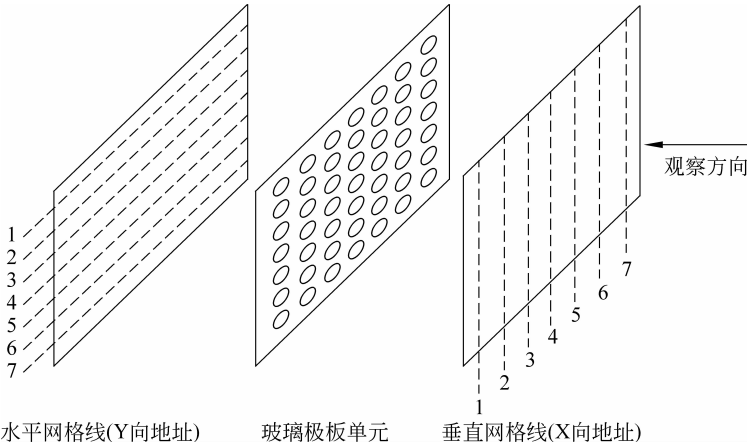


图 3.18 等离子显示器三层结构示意图

4) LED

LED 显示屏又叫电子显示屏或者飘字屏幕。如图 3.19 所示,它由 LED 点阵和 LED PC 面板组成,通过红色,蓝色,白色,绿色 LED 灯的亮灭来显示文字、图片、动画、视频。常常采用把几种能产生不同基色的 LED 管芯封装成一体,每个像素由若干个各种单色 LED 组成,常见的成品称像素筒,双色像素筒一般由 2 红 1 绿组成,三色像素筒用 1 红 1 绿 1 蓝组成。

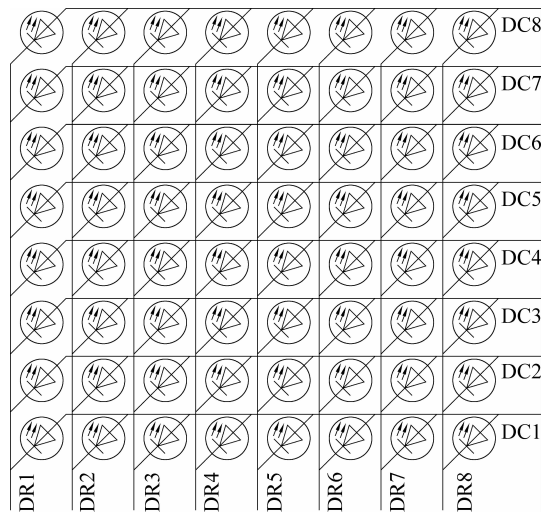


图 3.19 液晶显示器原理

无论用 LED 制作单色、双色或三色屏,欲显示图像需要构成像素的每个 LED 的发光亮度都必须能调节,其调节的精细程度就是显示屏的灰度等级。灰度等级越高,显示的图像就越细腻,色彩也越丰富,相应的显示控制系统也越复杂。一般 256 级灰度的图像,颜色过渡得已十分柔和,而 16 级灰度的彩色图像,颜色过渡界线十分明显。所以,彩色 LED 屏一般都要求做成 256~4096 级灰度的。

2. 显示器的技术指标

1) 点距、分辨率和可视面积

显示屏幕上相邻两个像素中心点之间的距离称为显示器的点距(dot pitch)。目前市场上显示器的点距(也称像素点的直径)有 0.21mm、0.25mm、0.28mm、0.31mm 和 0.39mm 等几种,其中以 0.28mm 的较多。点距越小图像的清晰度越高。

显示屏幕的像素点数目称为该显示器的空间分辨率。它是与点距和屏幕大小都有关的一项指标,表示了显示器的相对清晰度。同样的屏幕,点距越小,分辨率越高;同样的点距,屏幕越大,分辨率越高。例如,对 0.31mm 像素来说,每英寸有 80 个像素,则 12 英寸屏幕的空间分辨率为 640×480 ,14 英寸屏幕的空间分辨率为 800×600 ,16 英寸屏幕的空间分辨率为 1024×768 。

一个显示屏的分辨率可以用软的或硬的方法在一定范围内进行设置。在最高分辨率下,一个发光点对应一个像素。如果设置低于最高分辨率则一个像素可能覆盖多个发光点。

每个像素可以有不同的灰度和颜色。灰度和颜色也称显示器的颜色分辨率,要用二进制码控制。例如,用 1 位二进制码控制,只能控制该像素为黑或白;用 4 位二进制码控制,则能控制该像素为 16 种不同的灰度或颜色;用 8 位二进制码控制,就能控制该像素为 256 种不同的灰度或颜色;用 2 个字节(16 位)的二进制码控制,则能控制该像素 64×2^{10} 种不同的灰度或颜色;用 3 个字节(24 位)的二进制码控制,则能控制该像素为 1677×2^{20} 种不同的灰度或颜色,这时的色彩已基本上表达了大自然的所有人眼所能分辨的颜色,看上去与高清晰度照片相差无几,故称为“真彩色”。

为了表达显示器的空间分辨率和颜色分辨率,就要求有一定的显示存储量。如理论上对 1024×768 的空间分辨率,用 3 位二进制码表示的颜色等级,需要的显示存储器为 $1024 \times 768 \times 3 = 230.4\text{KB}$ 。

一个屏幕的显示面积与点距和分辨率有关。例如,15 英寸液晶显示器,当点距为 0.279mm ,分辨率为 1024×768 时,可视面积为 $285.7\text{mm} \times 214.3\text{mm}$ 。

2) 显示模式

显示模式指所符合或采用的视屏显示标准,这些标准给出了显示器的最大颜色数和最大分辨率,已经在 1.2.3 节中介绍。

3) 屏幕比例

屏幕比例是其宽度与高之比。目前标准的屏幕比例是 $4:3(1.33)$ 和 $16:9(1.78)$,笔记本计算机的屏幕比例多为 $15:9$ 、 $16:10$ 。

4) 可视角度

可视角度指人能清晰地看见屏幕图像的最大角度。目前,LCD 显示器的可视角度可以达到 170° ,但是要分水平可视角度和垂直可视角度,其水平可视角度左右对称,垂直可视角度则上下不对称。CRT 显示器的可视角度 180° ,其上下、左右对称。

5) 响应时间

响应时间是用来表示液晶显示器个像素点对输入信号的反应速度,也就是液晶由暗转亮(上升)到由亮到暗(下降)所需的时间,单位是 ms。响应时间是上升时间和下降时间之和。响应时间超过 40ms ,就会出现拖尾现象。现在大多数 LCD 显示器的响应时间在 $2 \sim 8\text{ms}$ 之间。

6) 亮度和对比度

亮度是人眼所感觉到的颜色的明暗程度。对 LCD 显示器来说,其亮度指光源通过液晶透射出的光强度,单位是坎(cd/m^2)。一般 LCD 显示器的亮度为 $300\text{cd}/\text{m}^2$ 。

对比度是屏幕上最亮处与最暗处亮度的比值。人眼可分辨的对比度约为 $100:1$,当显示器的对比度超过 $120:1$ 时,才可以给人以生动、丰富的感觉。目前液晶显示器的对比度已经可以超过到 $80000:1$ 。

7) 接口标准

接口可以分为模拟接口和数字接口两大类。液晶显示器的数字接口标准有 D-Sub (VGA)、LVDS、TDMS、GVIF、P&D、DVI 和 DFP 等。其中 DVI(digital visual interface)既可以传输数字信号也可以传输模拟信号。

8) 坏点

LCD 的每个像素点都由 3 个单元组成,分别负责红、绿和蓝色的显示。每一个单元破坏,都可以形成一个坏点,形成“红点”、“蓝点”、“绿点”3 种坏点,若 3 个单元都破坏,则称其为“亮点”。依显示器坏点和亮点的数量,可以将显示器分为如下等级:

- AA 级: 没有坏点。
- A 级: 坏点在 3 个以下,亮点不超过 1 个且不在屏幕中部。
- B 级: 坏点在 3 个以下,亮点不超过 2 个且不在屏幕中部。
- C 级: 坏点在 5 个以下,亮点不超过 3 个且不在屏幕中部。

3. 字符/图形显示原理

图 3.20 为字符/图形显示器的原理图。缓冲存储器用以存放由主机送来的显示文件和交互式图形操作命令。交互式图形操作命令用以接收由输入设备(如键盘)指定的对图形的操作性质和操作位置,如图形的局部放大、平移、旋转、比例变换及图形检索等。刷新存储器用以存放一幅图形的形状信息,用以不断刷新屏幕,使输出连续。插补部件用以进行数据插补,其作用是把显示文件换为像素信息。插补后的数据(像素信息)存入刷新存储器用于刷新显示。

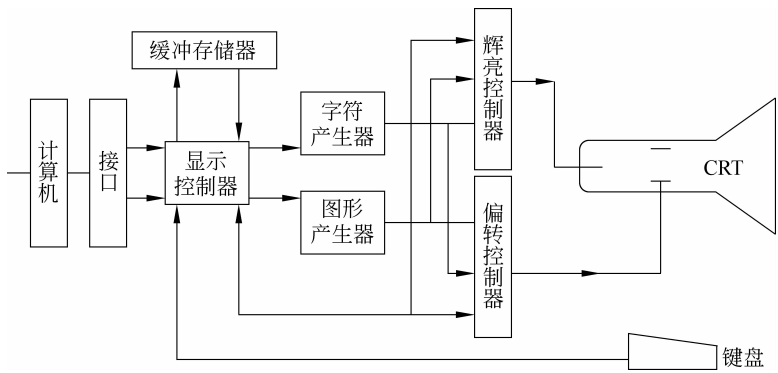


图 3.20 字符/图形显示器的原理图

4. 图像显示原理

图像显示器除了能存储从计算机输入图像并在屏幕上进行显示外,还具有灰度变换、窗口技术、真彩色和伪彩色显示等图像增强技术功能。

(1) 灰度变换。可使原始图像的对比度增强或改变的技术方法。

(2) 窗口技术。在图像存储器中,每个像素有 2048 级灰度值(11 位),而人的肉眼一般只能分辨 40 级。但是如果从 2048 级中开一个小窗口,并把这一窗口范围内的灰度取出,变换为 64 级显示灰度,可以使原来被掩盖的灰度细节充分地显示出来。

(3) 真彩色和伪彩色。真彩色指真实图像色彩显示,是一种色还原技术,电视即属这一类。肉眼对黑白的分辨只有几十级,但可以分辨出上千种颜色。利用伪彩色处理技术可以人为地对黑白图像进行染色,如把水的灰度染为蓝色、把植被灰度染为绿色,把土地灰度染

为黄色等等,使图像增强。

图像显示器除了具有上述图像增强功能外,还具有图像的几何处理功能,例如:

- 图像放大,对图像可进行 2、4、8 倍放大。
- 图像分割或重叠可在 CRT 的局部范围显示一幅图像的部分或全部,或进行图像重叠。
- 图像滚动,图像滚动是使图像显示的顺序发生变化,进行水平和垂直两个方向滚动。

5. 显卡

显卡(video card、display card、graphics card)又称为显示适配器(video adapter),是连接显示器和计算机的重要元件。早期的 CRT 显示器采用模拟信号驱动显示,而计算机中采用数字信号,因此显卡的基本作用是进行 D/A 转换,把计算机提供的数字输出信号,转换为模拟的 R、G、B 信号以及行扫描、场同步信号。现代显卡的主要功能主要是进行图形处理,以降低 CPU 的负担。例如,要输出一个圆,CPU 只需向显卡发出圆的大小和色彩的命令,具体如何画则由显卡实现。

显卡由 GPU(Graphic Processing Unit,图形处理器)、显示 BIOS、显示内存、RAMDAC(Random Access Memory Digital-to-Analog Converter,随机存取数字/模拟转换器)、输出接口和连接主板总线等组成。GPU 是一个专门的图形核心处理器。显示 BIOS 是 CPU 与驱动程序之间的控制程序,并储存有显示卡的型号、规格、生产厂家及出厂时间等信息。显示内存的主要功能就是暂时储存显示芯片要处理的数据和处理完毕的数据。RAMDAC 用于将显示存储器中数字信号转换为显示器能使用的 RGB 模拟信号。

显卡的主要技术参数有如下几个。

1) 核心频率

显卡的核心频率是指显示核心的工作频率。在同样级别的芯片中,核心频率高的则性能要强一些,提高核心频率就是显卡超频的方法之一。

2) 显存频率

显存速度一般以 ns(纳秒)为单位。常见的显存速度有 7ns、6ns、5.5ns、5ns、4ns、3.6ns、2.8ns 以及 2.2ns。

3) 显存容量

显存容量也叫显示内存容量,是指显卡上的显示内存的大小。显示内存的主要功能在将显示芯片处理的数据暂时储存在显示内存中,然后再将显示资料映像到显示屏幕上,显卡达到的分辨率越高,屏幕上显示的像素点就越多,所需的显示内存也就越多。

4) 显存位宽

显存位宽是显存在一个时钟周期内所能传送数据的位数,位数越大则瞬间所能传输的数据量越大,这是显存的重要参数之一。目前市场上的显存位宽有 64 位、128 位和 256 位三种,人们习惯上叫的 64 位显卡、128 位显卡和 256 位显卡就是指其相应的显存位宽。显存位宽越高,性能越好,价格也就越高。