

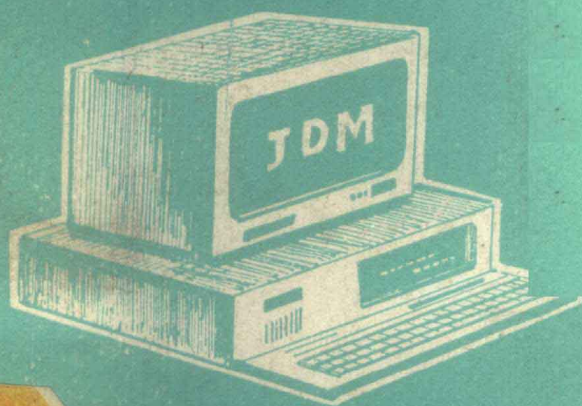
微型计算机(59)

870030

5087

2810, 1

计算机图形学



上海交通大学出版社

计 算 机 图 形 学

徐子亮 李世祥
赵 军 胡宝强 编译

上 海 交 通 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本书按[美]《Computer Graphics with Pascal》等书编译。介绍了基本概念、绘制初级图形、图形学基础、基本阴影技术、二维几何变换、显示文件段、图形程序设计、交互技术、动画、多边形填充、三维图形、曲线和曲面、隐蔽面、隐蔽线移去等，还附有习题。

本书具有内容新颖、深入浅出、图文并茂、示范实例多、逻辑性强等特点，适用于从事CAD/CAM的工程技术人员，也可供大专院校作教材及参考书。

计算机图形学

上海交通大学出版社出版

(淮海中路1984弄19号)

江苏省武进县村前印刷厂印装

开本787×1092毫米 1/16 印张15.375 字数394,000

1988年10月第1版 1988年11月第1次印刷

印数：1-2,000

ISBN 7-313-00329-3/TP39

内部发行

成本定价：8.50元

目 录

第一章 计算机图形学概述

§ 1.1 引言	(1)
§ 1.2 计算机图形学简史	(1)
§ 1.3 计算机图形学应用	(3)
§ 1.4 交互式图形系统	(4)
§ 1.4.1 视频显示原理	(4)
§ 1.4.2 光栅—扫描显示	(5)
§ 1.4.3 帧缓冲器	(6)
§ 1.4.4 显示控制器	(8)
§ 1.4.5 扫描转换	(8)
§ 1.4.6 随机向量显示	(8)
§ 1.4.7 光栅—扫描和随机—向量扫描显示器的比较	(8)
§ 1.4.8 存贮管显示	(9)
§ 1.4.9 液晶显示	(10)
§ 1.4.10 输入设备	(10)
§ 1.4.11 输出设备	(12)
§ 1.5 图像硬件的配备	(13)
§ 1.5.1 简单配置	(13)
§ 1.5.2 工作站配置	(13)
§ 1.5.3 增强图像功能配置	(14)
§ 1.6 图形系统软件	(15)
§ 1.7 小结	(16)

第二章 绘制初级图形

§ 2.1 引言	(17)
§ 2.2 绘制点	(17)
§ 2.3 方向比率	(18)
§ 2.4 线的绘制	(18)
§ 2.4.1 水平线、垂直线	(19)
§ 2.4.2 斜线	(19)
§ 2.4.3 任意线	(20)
§ 2.5 圆的画法	(27)
§ 2.6 椭圆	(33)
§ 2.7 应用	(34)

§ 2.8 小结	(36)
----------	--------

第三章 图形学基础

§ 3.1 引言	(37)
§ 3.2 显示屏的视图	(37)
§ 3.2.1 窗口和剪取	(37)
§ 3.2.2 视区	(38)
§ 3.2.3 位移	(38)
§ 3.2.4 标准装置坐标	(39)
§ 3.3 在世界坐标系中绘图	(40)
§ 3.3.1 画点和线命令	(40)
§ 3.3.2 举例	(40)
§ 3.3.3 视区命令	(40)
§ 3.3.4 编程举例	(41)
§ 3.4 窗口—视区变换	(43)
§ 3.5 剪取	(44)
§ 3.5.1 点剪取	(44)
§ 3.5.2 线剪取	(45)
§ 3.6 Cohen—Sutherland剪取算法	(45)
§ 3.6.1 规则	(45)
§ 3.6.2 举例	(46)
§ 3.6.3 数学准备	(47)
§ 3.6.4 运行	(47)
§ 3.7 多边形剪取	(50)
§ 3.8 图形文本(Text)	(54)
§ 3.8.1 矢量	(54)
§ 3.8.2 光栅网格	(55)
§ 3.8.3 显示光栅网格字符	(55)
§ 3.9 应用	(56)
§ 3.9.1 计算机技术	(57)
§ 3.9.2 函数图形	(57)
§ 3.10 颜色	(61)
§ 3.10.1 引言	(61)
§ 3.10.2 着色过程	(61)
§ 3.11 小结	(61)
练习	(62)

第四章 基本阴影技术

§ 4.1 引言	(63)
----------	--------

§ 4.2 矩形描影法	(63)
§ 4.2.1 直线描影法	(63)
§ 4.2.2 点描影法	(65)
§ 4.3 应用	(66)
§ 4.3.1 几何图形	(66)
§ 4.3.2 条型图形	(68)
§ 4.3.2.1 不相重叠的条型图形	(70)
§ 4.3.2.2 相重叠的条型图形	(73)
§ 4.4 圆形描影法	(74)
§ 4.4.1 圆形	(74)
§ 4.4.2 扇形	(76)
§ 4.4.3 分段图形	(77)
§ 4.4.4 可分解的分段图形	(79)
§ 4.5 小结	(81)
练习	(82)

第五章 二维几何变换

§ 5.1 引言	(83)
§ 5.2 平移	(84)
§ 5.3 旋转	(85)
§ 5.4 标定	(87)
§ 5.5 剪切	(89)
§ 5.6 反变换	(89)
§ 5.7 矩阵	(90)
§ 5.8 变换的矩阵表示	(91)
§ 5.9 组合变换	(92)
§ 5.10 变换过程	(93)
§ 5.11 应用	(94)
§ 5.12 小结	(96)
练习	(96)

第六章 显示文件段

§ 6.1 引言	(98)
§ 6.2 显示文件	(99)
§ 6.3 分段显示文件	(100)
§ 6.4 段表	(101)
§ 6.5 运算显示文件段	(102)
§ 6.5.1 CREATE_SEG	(102)
§ 6.5.2 GET_COMMAND	(103)

§ 6.5.3 CLOSE_SEG	(104)
§ 6.5.4 MAKE_SEG	(104)
§ 6.5.5 SET_TRANSFORM	(105)
§ 6.5.6 SET_ORDER	(105)
§ 6.5.7 CONSTRUCT_TRANSFORM	(106)
§ 6.5.8 VISIBLE	(106)
§ 6.5.9 COPY_SEG	(107)
§ 6.5.10 CONVERT	(107)
§ 6.5.11 DISPLAY_IMAGE	(108)
§ 6.6 小结	(108)
练习	(109)

第七章 图形程序设计

§ 7.1 引言	(110)
§ 7.2 内存和速度	(110)
§ 7.3 用户友善系统的要求	(110)
§ 7.4 小结	(117)

第八章 交互技术

§ 8.1 引言	(118)
§ 8.2 输入设备	(119)
§ 8.3 光标运动	(119)
§ 8.4 作图技术	(124)
§ 8.4.1 画线	(124)
§ 8.4.2 画几何图形	(125)
§ 8.4.3 建立形状表	(125)
§ 8.5 选择和定位	(130)
§ 8.6 绘画	(132)
§ 8.7 小结	(133)
练习	(133)

第九章 动画

§ 9.1 引言	(135)
§ 9.2 动画更新速度	(136)
§ 9.3 开关技术	(136)
§ 9.4 路径查询表	(138)
§ 9.5 冲突	(140)
§ 9.6 程序举例	(141)
§ 9.7 小结	(149)
练习	(149)

十章 多边形填充

§ 10.1 引言	(150)
§ 10.2 多边形描述	(150)
§ 10.3 帧缓冲器填充	(152)
§ 10.3.1 扫描线填充	(152)
§ 10.3.2 潮涌填充	(153)
§ 10.4 凸多边形填充	(155)
§ 10.5 一般多边形填充	(159)
§ 10.5.1 边交点表	(159)
§ 10.5.2 顶点	(161)
§ 10.5.3 当前扫描线	(162)
§ 10.5.4 算法	(162)
§ 10.6 模式填充	(170)
§ 10.7 小结	(172)
练习	(172)

第十一章 三维图形

§ 11.1 引言	(173)
§ 11.2 坐标系	(173)
§ 11.3 变换	(174)
§ 11.3.1 平移变换	(174)
§ 11.3.2 旋转变换	(174)
§ 11.3.3 定标变换	(176)
§ 11.3.4 剪切变换	(176)
§ 11.3.5 绕任意轴的旋转变换	(177)
§ 11.4 三维图形包	(180)
§ 11.5 坐标系变换	(180)
§ 11.6 投影变换	(182)
§ 11.6.1 平行投影	(183)
§ 11.6.2 透视投影	(183)
§ 11.7 视变换	(186)
§ 11.7.1 视变换参数	(187)
§ 11.7.2 数学预备知识	(188)
§ 11.7.3 实用程序	(190)
§ 11.7.4 视变换矩阵	(192)
§ 11.7.5 裁剪	(195)
§ 11.7.6 透视投影	(197)
§ 11.8 显示图象	(198)

§ 11.9 效率问题	(198)
§ 11.10 小结	(199)
练习	(199)

第十二章 曲线和曲面

§ 12.1 引言	(201)
§ 12.2 数学预备知识	(201)
§ 12.3 三次样条函数	(203)
§ 12.4 BEZIER 曲线	(206)
§ 12.5 双三次BEZIER 曲面	(208)
§ 12.6 显示算法	(211)
§ 12.7 旋转曲面	(213)
§ 12.8 小结	(216)
练习	(216)

第十三章 隐藏面

§ 13.1 引言	(217)
§ 13.2 背面移去	(217)
§ 13.3 隐蔽线移去	(222)
§ 13.3.1 优先权分类	(223)
§ 13.3.2 投影多边形存贮	(224)
§ 13.3.3 边与多边形相交	(225)
§ 13.3.4 边框测试	(226)
§ 13.3.5 交点测试	(227)
§ 13.3.6 多边形内部点	(229)
§ 13.3.7 概要	(231)
§ 13.4 双变量函数曲面	(233)
§ 13.5 小结	(235)

附录 图形核心系统(GKS)	(236)
----------------------	---------

参考书目	(237)
------------	---------

第一章 计算机图形学概述

§ 1.1 引言

计算机图形学可以简单地定义为用计算机创建及操纵图像，然而，在CAD技术迅速兴起的时代，这个简短的定义并不能描述出这个迅速发展的计算机科学分支的应用情况。计算机图形学起源于增强用计算机产生的显示信息，这种表达图片中数字信息的能力大大地增加了计算机以清晰明了形式向用户描述信息的能力。大量的数据信息被快速地转换为条线图等其他图形，图形显示也增强了我们对如分子生物学等复杂系统的理解。换言之，一图抵千字。

1980年前，计算机只具备极弱的图形能力，并没有用户和计算机系统的管理者能说出图形化显示的优点。信息主要以数字和文本形式在人和计算机之间传送，这是有两大原因的：第一，在七十年代对图形的时间共享系统并不合适，多个同时处理图形的用户的要求将对系统中其他用户的响应时间产生灾难性效果。第二个原因是这些显示系统的价格昂贵，人们往往无力购买。

然而，到了八十年代，硬件价格猛跌，随着微机工作站的引进，建立计算机系统的复杂情况改变了。这些独立的计算机优点是存储器和微处理器的低价。用户不必共享一个计算机了，事实上，一个图形工作经常包括几个微处理器，每一个都有存储器，而且各个处理器设计成某种特殊数字或图形功能。

计算机图形技术的前景可能将是一个光明的世界：用户只需购买一套图形显示系统，即可创建图像。但现在的事实并非这样，虽然简单的图形显示器是便宜的，但专业用工作站可卖到15,000美元甚至100,000美元以上，而且用低价买进的图形系统还受到硬件和软件能力的限制，还需要应用程序员编写图形程序来增强现有软件。

在本书中，我们只假定拥有图形功能较弱的硬件和软件及廉价微处理器(5000美元以下)，并带有尽可能少的图形功能的机器，它们包括Apple II, IBM PC, DEC Rainbow, Atari, Tandy 1000。我们要说明在这些廉价的系统中可如何产生现实中存在的图形和图像。图1-1列出在低分辨率Apple II计算机上产生的几个计算机图形实例，产生这些图像的技术将在本书中谈及。

更贵一点的图形显示系统，如Silicon IRIS图形系统在软件、硬件中辅以图形能力，可以产生高质量的图像。但是，这些专用系统的用户还是会很认真地想了解图形硬件及软件的原理，在谈到这些之前，让我们看看计算机图形学始于何时。

§ 1.2 计算机图形学简史

四十年代的计算机使用早期硬拷贝设备，“显示”和硬拷贝是合二为一的，用户为了得到完整的图像必须在大量的符号数字输出中挑选，这是因为驱动绘图像的数据产生方法缺乏交互式的反馈。五十年代为了考查飞机的稳定性和可控制性，MIT制造出Whirlwind计算机，这大概是使用阴极射线管的第一台计算机(见§ 1.4节)。在此之前，计算机的设计者们还没想

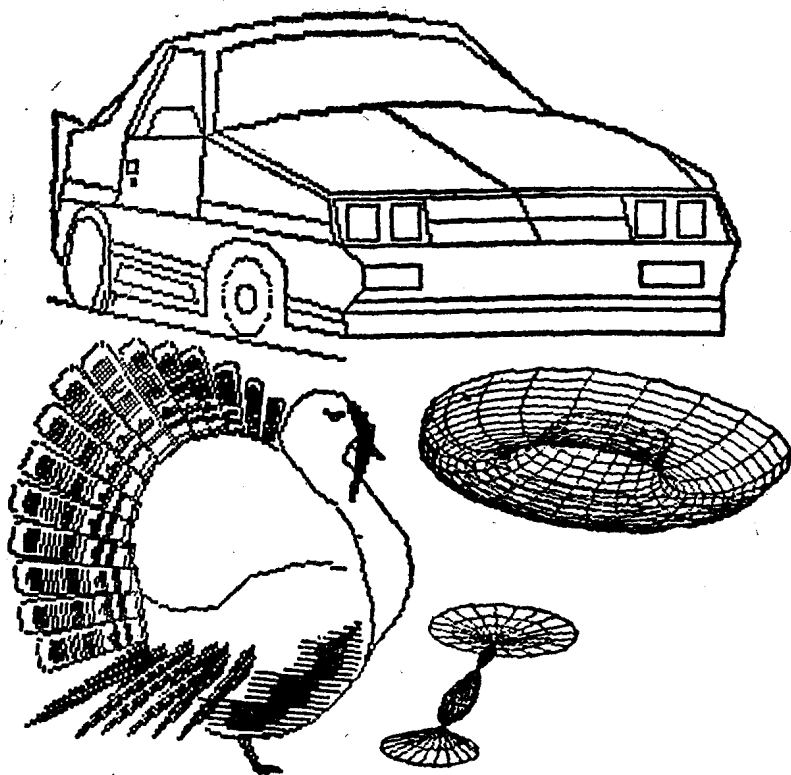


图 1-1 计算机图形例子

到将这种普通的显示设备连接到计算机上。加快用户输入和计算机输出的要求更加速这种结合。

五十年代的SAGE防空系统将雷达波形转换成计算机图形，这是第一个可用光笔在显示器上选择符号的系统。

在五十年代末和六十年代初，MIT的计算机协会致力于研究开发并形成它自己的计算机系统。1963年的ph.D. 论文(Ivan Sutherland)对当代计算机图形学发生了巨大影响，Sutherland开发了一种名为Sketchpad的图形系统，用户可用光笔指在屏幕上画图。在两点之间，图形系统可以画出线段或粗线段，复杂的图形可通过复制物体得到。这个不可忽视的交互式图形系统是现代计算机绘图系统的先导。离开MIT的几年以后，Sutherland和Dave Evans共同创办了Evans and Sutherland公司，专营设计和制造多种高性能特殊用途的图形显示系统。

早期的CRT具备在显示器上任意两点画直线的能力，然而一条直线在屏幕慢慢显示后，每秒钟都必须对它进行多次重画。在六十年代这就需要昂贵的存储器用来存储线段的端点，还需要昂贵的硬件以便快速重画线段，1965年IBM公司第一次采用这种类型的已批量生产的CRT，CRT的100,000美元的标价牌阻止了许多计算机进入图形领域的步伐。

1968年，Tektronix采用了存储管CRT，1972年推出直觉存储显示器(DVST)，这标志着交互式计算机图形技术的一大突破，这种显示器省去了昂贵的存储器及重画所需的硬件，15,000美元的标价使它成为五年中受欢迎的显示器。

七十年代中期标志着存储器及逻辑硬件的戏剧性跌价的开始,这种变化的结果是产生了存储器密集的光栅扫描显示器,在交互环境中可用这种显示器显示有真实阴影的彩色图像。

以上我们谈到计算机图形技术中硬件的发展,我们不能忘记,在这些发展中软件也起了巨大作用。Ivan Sutherland是这个领域的领先者,他设计了做为计算机图形学基础的主要算法及数据结构,Steven Coons(1966)和pierre Bezier(1972)所做的曲面方向的先进工作使得交互式计算机可产生真实三维图像。在过去的十年中,很多人对计算机图形学研究做出了重要算法。并不奇怪其中的很多人在utah大学学习,因为Ivan Sutherland 在学校中任教授。(他现在是Carnegie Mellon大学的访问科学家)。

八十年代,众多的大学和企业都致力于计算机图形技术攻关项目,无疑他们的成果将更促进这个迅速改变和发展的新领域。

§ 1.3 计算机图形学应用

正如我们预料之中,计算机图形技术的用户人数正在不断增长。Computer Aided Design (CAD)是一个适用于任何活动的通用词汇,计算机帮助进行产品的设计,CAD系统帮助设计新的或修正旧的飞机和汽车。计算机辅助产生的图纸需经几大步骤,首先描述线框或线条图,再进一步加入一些细节和真实效果,最后上色并投上阴影,这样看上去就象真实物体了。

CAD系统甚至在艺术家工作室里也有一席之地,动画片、电视广告甚至电影中部分内容都是用视频显示系统产生的。最简单的是只画出物体的轮廓,这种名为“线框”的动画事实上是容易编制的,且只需要一点儿处理时间,最后图形可以上色以产生真实效果。用计算机产生真实动画包含三维造型技术,其算法包括阴影、构造、反射、隐藏线消除。影片《The Last Starfighter》有25分钟计算机产生的图像,每一帧这种未来外层空间的图像都需要大量算法及百万计的粗线段。据估计,用计算机产生这些帧图像可比用传统方法节约50%的成本和时间。

艺术系学生和专业艺术家用这种新的手段产生现实主义的或抽象主义的图画。Graphic-design 和Paint-Programming Systems提供了一个绘图桌,它极像绘图板并备有一枝笔,这个桌子对手的压力是敏感的,用户使用时有自然的感觉。画家的调色板和笔由用户在计算机中混合颜色和建立定义一枝笔来代替。有些专用高级图形设计系统包括电子尺、剪刀、胶水和不同花纹的图纹,当这些图像记录在录像带或幻灯片上后,常被误认为是用传统方式绘制的。

飞机驾驶员和航天飞船的宇航员在以计算机为基础而建立的模拟飞行系统(flight simulator systems)中受训。真实模拟器开发起来太昂贵,且需要复杂的数字和物理处理,实时飞行模拟器使用多个特殊用途的处理器并常常用多屏幕,可以给受训者180°的视野。优秀的模拟器可以精确地模拟飞机场和多种气候情况,受训者会经历发动机故障、紧急起飞、降落等情况而对机组人员或模拟器无任何损伤。虽然一个真实模拟器需花费几年时间来建造并耗资数以百万计的美元,但其代价仅是用真实飞机训练的一小部分。

从中学到大学的学生正在计算机图形系统上学习,这种 Computer Aided Instruction (CAI)教学上使用,可生动的动画示范出教学的概念,它虽然应用不广但最终会在很多课程中找到地位的。

图形学的一个令人激动的应用是使个人电脑对用户更友善。直到1983年,虽然人们觉得

不舒服,但用键盘或者命令语言是用户与计算机通讯的唯一途径。1983年 Apple 公司推出 Macintosh 个人计算机,它允许用户用光标指向显示在屏幕上的图形或标记(钟表、计算器等等),许多以前计算机用户必须记住的命令现在为选择一种代表某种操作的标记所代替,这种有效的对用户友善的图形接口成功地表明图形技术将是未来计算机中不可分割的一部分。

§1.4 交互式图形系统

当计算机在一个硬拷贝设备输出彩色图时,我们并不介意等几分钟,这些图称为被动或静止图形,但是,我们玩电视游戏时,在移动操纵杆后延迟1/10秒恐怕就不可接受了,所以需要用户对动作有快速响应,这种图像被用户操纵快速改变并重新生成,它们常被称为交互式或动态计算机图形。交互式计算机图形系统包括计算机和用户的双向交流,计算机通过接收输入设备信号可以正确地修改显示图像。对用户来说,图形是随着他的命令而随时改变的,用户可以给出一个命令序列,每一命令在计算机中都产生一个图形响应,这样,用户就可以和计算机“交流”或对话了。

典型的交互式计算机图形系统有四大部分:计算机、视频显示器、用户输入设备、硬拷贝输出设备。计算机在任何一个系统中总是起中心作用的,其余部分必须在某些时间互相通讯或通过数据通道与计算机通讯。我们将忽略数据通讯要求和主机,只讨论另外几种不同的硬件技术。

§1.4.1 视频显示原理(VIDEO DISPLAY GENERATION)

大部分视频显示屏采用 CRT 同一类型正如家用电视机(见图1-2)。电子枪包括一个阴极,当加热时向铺满荧光粉充正电荷的屏幕发射出一束负电子,在途中经过充满电磁场的聚焦和偏转系统。

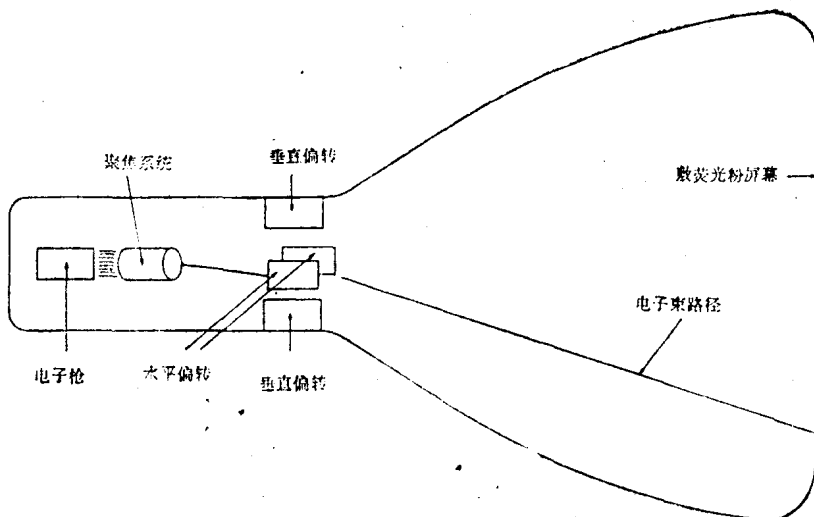


图 1-2 阴极射线管(CRT)

聚焦系统将电子束聚焦在一起以便在到达屏幕时形成一个小点。偏转系统包括两组偏转板(水平、垂直),引导电子来到屏幕上任一点,两组板有相同的电压但方向相反,即一组充正电,一组充负电。当负电子束通过板时被吸引向充正电的板,导致电子束偏转,偏转量取决于板上电压的幅度。我们变化水平板和垂直板上电压就可使电子束打到屏幕上任一点。

当聚焦后的电子束打到屏幕上，荧光粉发出可见光，其强度取决于电子束中电子个数。一个空点表明没有或极少有电子射到此点。在屏幕的可见光随电子束移到别处而淡灭，光的持续时间称为保留时间，这取决于激于屏幕的荧光粉的特性。一般来说，可见光仅持续几分之一秒，为了给用户一个无闪烁的连续图像，屏幕上的每一点都必须在一秒内刷新数次，这种视频显示器称为刷新显示器。它以50Hz 到30Hz 的频率扫描，这些扫描动作由存储在显示文件中的绘图指令支配。

彩色CRT有三个电子枪，每一枪对应三元色之一：红、绿、蓝。三枪系统将三枪放置成三角形，将预制的金属网或影罩放置在枪与显示屏中间（图1-3）。每个像素以三角方式涂有红、绿、黄三种荧光粉点，影罩对准屏幕，这样电子束击中对应的荧光粉点。

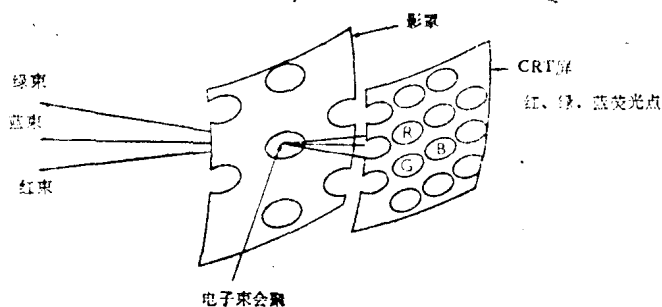


图 1-3 彩色CRT电子枪和影罩

§ 1-4-2 光栅——扫描显示(RASTER-SCAN DISPLAY)

视频显示器屏幕可分为很微小的点子，这些点称为像素。我们可以把屏幕看成由垂直和水平方面的点组成，水平线上点为像素（图1-4），这些水平线称为扫描线，而视频显示器称为光栅-扫描显示器。光栅-扫描显示器的质量常以分辨率来衡量，这是一个二维概念，即测量扫描线数和线上像素的个数或者测量单位面积的点数，分辨率越高，图像的细节就更清晰，低分辨显示器有约300条扫描线，每一线有约400个像素。高分辨率显示器至少有1000条扫描线，每一线有大于1000个像素。

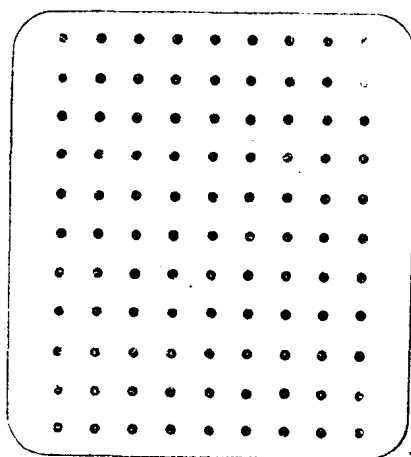


图 1-4 刷新显示器屏幕

光栅系统以某种固定的顺序在 CRT 上显示图像（图 1-5），开始，垂直和水平偏转系统设置在屏幕左上角显示一点的状态，然后水平板的电压连续变化，使电子束扫描这条扫描线，当电子束到达扫描线端点，电子枪关闭，两组偏转系统设置在第二条扫描线的最左端的显示状态，这种电视信号的间隔称为水平折返。这种从左到右的方式保持到电子束到达屏幕的右下角，这时，电子束关闭，再移至左上角，这个过程称为垂直折返。

—— 电子束打开
 --- 水平折返
 - - - 垂直折返

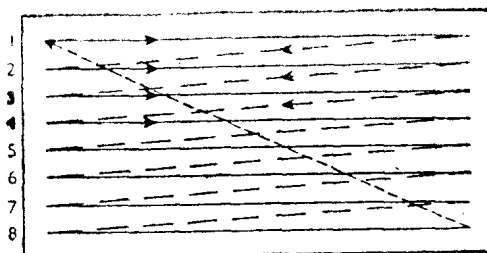


图 1-5 扫描线

因为被照明的荧光粉点只持续几分之一秒，这种左到右、顶到底的扫描方式必须在每秒中重复数次。刷新率是指在一秒钟内显示整幅屏幕或帧的数量，刷新率的倒数就是在帧之间的间隔时间，也称帧时间。虽然对一个像素而言，它点亮的时间短于关闭的时间，但由于刷新速度快，人眼得到连续图像的影像。

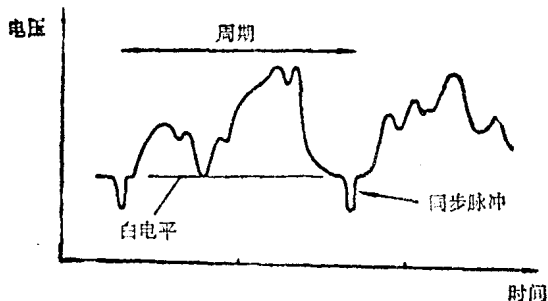


图1-6 典型视频信号波形(示出两条扫描线)

大部分廉价显示系统刷新速度为30次/秒，扫描过程往往分为两个相位，每个相位持续 1/60 秒，在第一相位，单号的扫描线先显示，双号的扫描线在第二相位显示(图1-7)，这样做的效果是消除了刷新周期中的闪烁效果，否则在30秒帧时间非隔行扫描情况会伴随出现闪烁效果。注意，隔行扫描每帧时间需要两次垂直折返，更高质量的光栅一扫描系统具有非隔行扫描60次/秒的刷新速度。

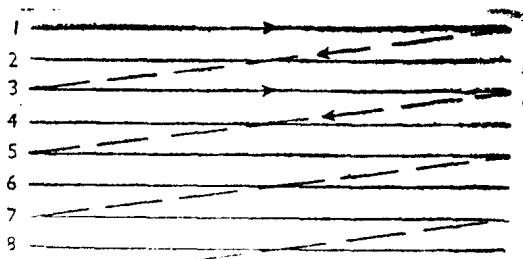


图 1-7 隔行扫描

当屏幕上显示一幅图像时，相关的像素需点亮，那么，显示器硬件是怎样知道哪一个像素要点亮呢？这些信息又是怎样传到显示屏的？点亮相关的像素需要一种显示单元，它包括三部分：帧缓冲器、显示控制器、扫描转换算法(图1-8)。

§1.4.3 帧缓冲器(FRAME BUFFER)

每一与某特定输入的二维数组所对应的像素都占用存储器，这种存储器称为帧缓冲器(或 bit map)，某些图形系统具有不同于主存储器的帧存储器，现在的趋势是将帧存储器变得可由主计算机的cpu直接存取，这样就可以快速地更新被存储的图像。在帧缓冲器中，数组的行数等于显示屏上的扫描线数，而其列数等于每条扫描线上的像素数目，像素这个单词也可用

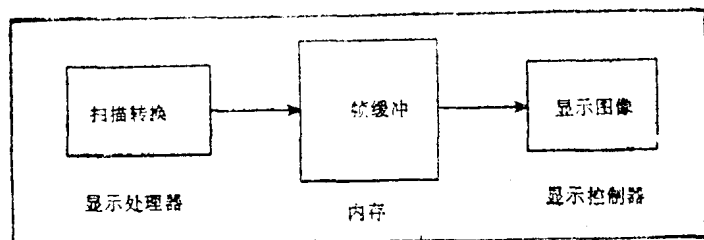
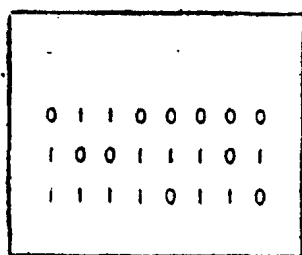


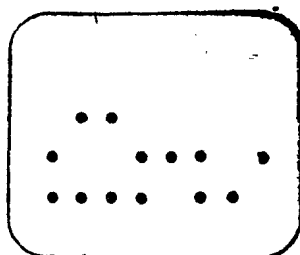
图 1-8 刷新扫描显示单元

于描述在帧缓冲器数组中的行与列,一个 512×512 的显示屏需要262,144个像素存储空间。当我们在屏幕上显示一个像素时,将一个特定值放入与显示内容对应的帧缓冲器数组中,在图1-9中,值“1”放置在帧缓冲器中,使得相对应的像素在显示器上显示出来。

每一个屏幕上像素和对应的帧缓冲器是由一个 (x, y) 整数坐标来存取的, x 值对应于列位置, y 值对应于行位置, 虽然图像是按由上至下的扫描形成的, 这个坐标系的原点往往定在屏幕的左下角(图1-10)。这个屏幕坐标系在第二章描述。



帧缓冲器



显示屏

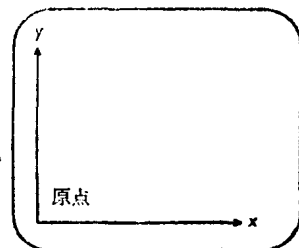


图 1-10 显示坐标系

图 1-9 帧缓冲器数字(1)对应屏幕一点

在帧缓冲器数组中每个像素由一定数目的位(bit)构成。一幅黑白图像只有两种强度级: 开/关, 它具有一位帧缓冲器, 为了显示彩色或黑白图像中灰色阴影效果, 就需要附加位, 图1-11列举出三位帧缓冲器, 三位可产生八种状态, 就是 0 到 $2^3 - 1 = 7$ 的强度级数, 黑白电视效果的图像需要八位, 产生 2^8 即256个强度级。高质彩色显示系统拥有24位, 每三种原色: 红、绿、蓝用八位驱动电子枪, 产生了总共 $2^{24} = 16,777,216$ 种颜色, 即具有 512×512 分辨率的全色帧缓冲器需要 $512 \times 512 \times 24 = 6,291,456$ 存储器位。低成本微机图形系统只有有限的存储器, 每像素只能提供一到四位。

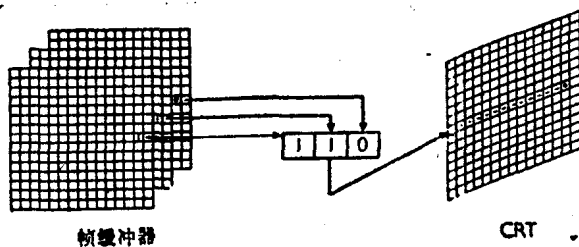


图 1-11 三位帧缓冲器

§ 1.4.4 显示控制器(DISPLAY CONTROLLER)

显示单元的第二部分是显示控制器。硬件设备将帧缓冲器的内容读入一个视频缓冲器,然后将一串像素值的数字表示转换为模拟信号,它们被串行地送到视频显示器,这样,一个高电压信号就加到 CRT 上,它点亮对应的屏幕像素,显示控制器顺序不停地在帧缓冲器中循环以满足刷新率。刷新率的倒数——帧时间就是垂直折返时间(如隔行扫描则有两次折返)加上水平折返时间(每条扫描线一次),再加上显示所有像素的时间。举个例子说,设有 512×512 显示屏幕,具有 30 帧/秒的隔行刷新率,对这种显示器,其水平折返时间是 $11\mu\text{sec}$ (10^{-6} 秒),垂直折返时间是 $1200\mu\text{sec}$, 帧时间为 $33,333\mu\text{sec}$, 帧缓冲器中一个像素在 $0.096\mu\text{sec}$ 内被显示控制器存取,与视频参数有关的公式为

$$\text{像素存取时间} = \frac{[\text{帧时间} - 2 \times \text{垂直折返}] - \text{水平折返}}{\text{每条扫描线的像素数}}$$

60 帧/秒的非隔行刷新率只有一次垂直折返,像素存取时间降低到 $0.0375\mu\text{sec}$, 这样的系统需要非常快和昂贵的帧缓冲器和显示控制器。

帧缓冲器也有自身的缺点,它并不能最简便地显示图像,需要大存储量这一点使得它的价格较高。填充大存储区或改变内容需要时间,这就使得交互式反应速度降低几倍。

§ 1.4.5 扫描转换(SCAN CONVERSION)

一幅图像很少用帧缓冲器中的二维数组像素来描述,图像通常用等式定义,如 $x + y = 5$ 或图形式的描述如“从 A 点画线到 B 点”。扫描转换就是将这些抽象的表达式转换到帧缓冲器中对应的像素值中,高级的光栅图形系统具备一个专门进行扫描转换和其他更新屏幕操作的独立处理器。廉价的微机图形系统用 CPU 和子程序库来完成扫描转换,这种建立在软件基础上的图形系统速度慢,所以建立用户的实时环境有很多困难。我们要明白,当一幅图进行修改时,有成千次扫描转换运算要完成,在第二章我们讨论几个这种扫描转换子程序。

§ 1.4.6 随机向量显示(RANDOM-VECTOR DISPLAY)

我们已经看到:光栅一向量系统从上到下、左到右的扫描方式用帧缓冲器显示一幅图像,但这并不是用刷新式 CRT 建立图像的唯一方法,事实上,如果我们只希望画线条,往往喜欢用画线图形系统。画线系统也称为随机向量或笔迹系统。这种形式的图形系统的原理是很简单的,有一个存储区,称为显示文件,它包含象“从 A 点画线至 B 点”等画线命令,特殊用途的显示处理器或 CPU 将正确的画线命令加入到显示文件中。一种特殊的向量生成硬件处理器将这些命令解释出来,将对应的电压送到 CRT 的偏转系统,将电子束直接从起点移至终点(图 1-12)。与光栅-扫描系统不同的是,在每一个刷新周期中并不需要对整个屏幕进行扫描,在需画直线或向量时,电子束只要在这些区域移动,随机一向量系统通常具备(非隔行扫描)60/秒刷新率。

§ 1.4.7 光栅—扫描和随机一向量扫描显示器的比较

(COMPARISON OF RASTER-SCAN AND RANDOM-VECTOR DISPLAYS)

随机—扫描显示器与光栅—扫描相比最大优点就是具备精确画线的能力,光栅—扫描系