

第一章 绪 论

1.1 概 述

人类社会已开始进入信息时代, 各类信息事业的发展将极大地影响国家的发达和民族的兴旺, 因此, 世界各个国家对信息事业和产业的发展都给予了极大的重视和关注。目前席卷全球的兴建“信息高速公路”的热潮, 就是一个明证。而且, 随着计算机技术和多媒体技术的飞速发展, 人们已不再满足于纯文字的信息, 代之以声、形、图、文并茂的超文本(Hypertext)信息和多媒体(Multimedia)信息, 其中直观形象的图形、图象信息更受到了人们的普遍重视, 扮演着重要的角色。如何简单方便地将图形、图象输入到计算机中, 成为一个重要的问题。

图形、图象输入设备的核心, 是完成光电转换的电荷耦合器件(CCD, Charge-Coupled Device)。80年代前, 通常使用 CCD 摄象机(Camera)和传真机(FAX/Facsimile)等作为图形、图象输入设备。摄象机输入图象的主要优点是几何失真小、输入速度快和输入精度可随摄象机距离的变化任意调节。其缺点是受环境影响大, 尤其是输入书面材料而非实物时更是如此; 另外每次输入的幅面也太小(一般最大为 2048×2048 像素)。传真机输入图象的最大缺点则在于其精度太低, 一般只有 3.5 线/毫米 ~ 8 线/毫米(约 90 点/英寸 ~ 200 点/英寸)。直到 80 年代中期, 才诞生了世界上第一台光电扫描仪(Scanner)。

1.2 扫描仪开发应用的发展

扫描仪的发展虽然只有不到十年的历史, 但因其采用封闭的光学扫描环境, 受周围环境的影响小, 图象稳定, 扫描精度高, 很快受到了人们的青睐; 再加上计算机技术的飞速发展和图形环境的日益普遍, 扫描仪迅速成为计算机不可缺少的图文输入工具之一, 被广泛地应用于图形、图象处理的各个领域。

在我国, 扫描仪的设计和批量生产几乎尚未起步, 扫描仪主要来源于台湾、日本和美国等地的厂商, 也包括这些厂商的 OEM(Original Equipment Manufacture)产品。其应用发展大致可以分为两个阶段:

第一个阶段是 80 年代末期的起步阶段。由于扫描仪的性能低, 价格高, 应用软件不成熟, 系统开发困难, 而且受当时计算机的速度、内存、图形环境等诸多因素的限

制,扫描仪的应用发展非常缓慢。

第二个阶段从90年代开始至今,扫描仪进入迅速发展的阶段。许多扫描仪厂商纷纷推出新产品,提高扫描仪的性能和产量,降低价格,并提供了功能齐全的扫描驱动软件,尤其是 Windows 3.X 环境下丰富多彩的应用系统,大大促进了扫描仪的应用与发展。

近一、两年以来,扫描仪的开发应用已走向高潮。计算机硬件资源的日新月异,特别是高档、低价的打印输出设备的出现,使图象的输入—处理—输出系统不断完善,极大地拓宽了扫描仪的应用范围,为扫描仪的广泛开发应用奠定了硬件基础。同时,扫描仪的各种应用系统如雨后春笋,为用户提供了广阔的应用前景。这些应用系统主要包括:

- ★ 汉字识别系统。如清华OCR(TH-OCR/TWReader for Windows)、集成OCR(NI-OCR)、北信OCR(BI-OCR)、沈阳OCR(SY-OCR)、中智汉王99以及丹青OCR等等。

- ★ 图文数据库系统。如清华文通I&T图文档案管理系统、THDA系统、ITBASE系统、FBASE系统以及许许多多的MIS系统等等。

- ★ 工程图形管理系统。

- ★ 多媒体办公系统。

- ★ 桌面排版系统。

- ★ 广告创意系统。

- ★ 电脑动画系统。

此外,还有各种专业的图形、图象系统也开始大量使用光电扫描仪作为基本的输入设备。这一切都使得光电扫描仪的开发应用日益加快,扫描仪市场的竞争也越来越激烈。目前,光电扫描仪正逐渐成为计算机系统的标准输入设备之一,日益普及。据不完全统计,扫描仪与微机的使用比率,在美国等发达国家已经达到20%;全球的平均值约为14%;我国只有3%~5%,因此,扫描仪的发展潜力十分广阔。

预计,在未来的一、两年内,决定扫描仪性能的主要硬件技术,尤其是进行光电转换的CCD器件不大可能有突破性的发展,因此,所谓的扫描仪“新型号”、“新技术”,也只可能在扫描的外围功能完善上下一些功夫。从国际光电技术的发展来看,目前这种采用线状CCD的扫描仪,在技术应用方面正接近其顶峰。提高扫描仪的精度,加快扫描处理速度和图象传输速度等性能指标,只能另辟蹊径,选择新的底层硬件。专业的高分辨率大幅面扫描仪,则仍然采用光电倍增管作为光电转换器件。

1.3 本书的主要内容

1.3.1 本书的内容安排

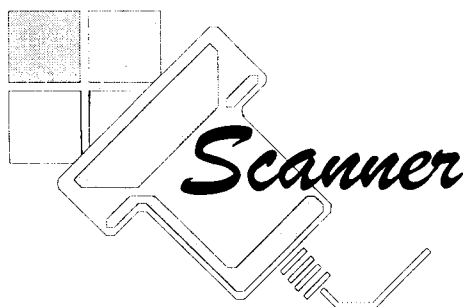
本书从应用软件系统的开发角度出发, 主要介绍光电扫描仪的原理、性能指标、驱动方式和应用软件开发标准规范。在内容安排上, 力求给扫描仪的开发应用人员提供完整的程序实例, 为扫描仪应用系统的开发建立方便的开发流程和程序结构。

全书共分六章, 第一章为绪论; 第二章介绍扫描仪的基本原理, 包括扫描仪的分类、扫描原理和性能指标等; 第三章简单介绍扫描仪的应用开发, 包括扫描仪的驱动方式、有关扫描仪驱动的标准, 并给出了MS-DOS环境下的驱动程序实例; 第四章介绍扫描仪驱动的TWAIN界面标准的基本内容, 同时给出了MS-Windows环境下的驱动程序实例; 第五章介绍手持扫描仪驱动的SPI界面标准的基本内容, 考虑到手持式扫描仪“手动”的特点, 特别给出了MS-DOS环境下手持扫描仪的SPI驱动程序实例; 第六章以HP系列扫描仪为例, 提供了一个完整实用的扫描驱动系统。

在附录中, 简单介绍几种图象存储的基本格式。

1.3.2 本书的有关环境说明

考虑到目前国内的实际情况, 本书主要介绍IBM系列微机及其兼容机环境下的扫描驱动开发, 相应的软件环境主要为MS-DOS (5.0以上版本) 和MS-Windows (3.0以上版本)。本书提供的C语言源程序的编译环境为Microsoft C5.1/C6.0和Borland C3.1, 并在程序注释中作了具体说明; 本书提供的汇编语言源程序的编译环境为Microsoft MASM5.0 和Borland TASM3.1。



第二章 扫描仪的基本原理

2.1 概 述

光电扫描仪的光电转换功能通常是由CCD器件(Charge Coupled Device电荷耦合器件)完成的, CCD器件是一种金属-氧化物-半导体(MOS)集成电路器件, 实质上是一种移位寄存器, 根据光照的强弱, 产生不同大小的电信号。专业的高分辨率大幅面扫描仪由于受目前CCD器件的精度限制, 采用光电倍增管作为光电转换器件。各种扫描仪的扫描原理大致相同, 但由于扫描仪产品丰富多彩, 各种不同档次、不同类型扫描仪的扫描过程、驱动方式和性能指标也不尽相同。

本章主要介绍光电扫描仪的基本原理、各种扫描仪的不同特性和适用范围以及扫描仪的性能指标。

2.2 扫描仪的扫描原理

2.2.1 图象扫描原理

扫描仪可以作为计算机的眼睛, 输入各种图文资料。它包含着数以千计的类似于人眼感光细胞的感应体, 完成光电转换作用, 这就是一般所说的CCD器件(专业的高分辨率大幅面扫描仪采用的是光电倍增管)。

置于扫描仪内部的CCD器件, 通常排成一个线状的线性阵列。扫描光源通过待扫材料, 再经一组镜面反射到CCD, CCD器件将不同强弱的亮度信号转换为不同大小的电信号, 最后经A/D变换, 产生一行图象数据。然后, 随着扫描光源与待扫材料的相对运动, 完成整个图象的扫描。

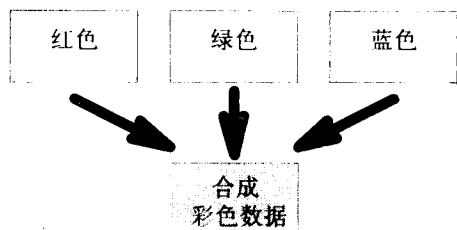


图 2.1 彩色数据产生方式

目前, 彩色扫描仪已十分流行, 其原理更复杂一些。一般来说, 彩色扫描仪是通

过产生分别对应于红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色的三幅图象,然后将三幅图象合成在一起来完成彩色图象的扫描,如图2.1所示。具体地说,扫描彩色图象又分为三种不同的扫描方式:

第一种方式采用单色光源,进行三次扫描,每次扫描分别通过红、绿、蓝滤光镜记录红、绿、蓝色图象,最后合成为彩色图象,如图 2.2 所示。90 年代初期,大部分彩色扫描仪都采用这种扫描方式,如 TH-600C、Microtek-600Z 等,其主要缺点是扫描速度太慢。

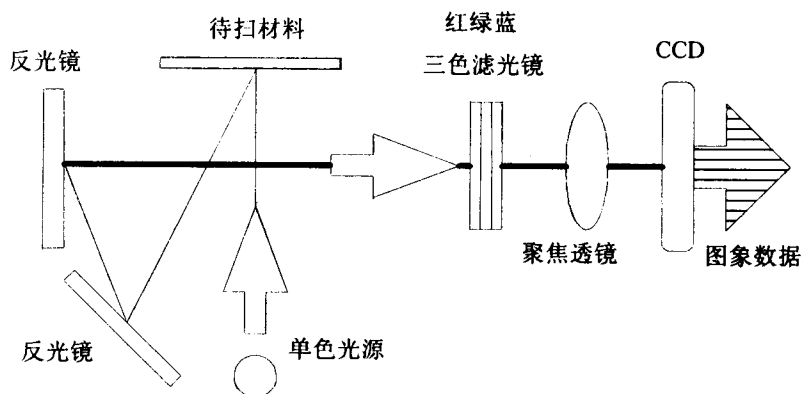


图 2.2 彩色图象扫描方式一

第二种方式采用红绿蓝三色光源,在图象扫描过程中,三色光源依次闪光,分别记录红、绿、蓝色图象从而得到彩色图象,如图2.3所示。采用这种方式的典型扫描仪有Epson ES-300C等。

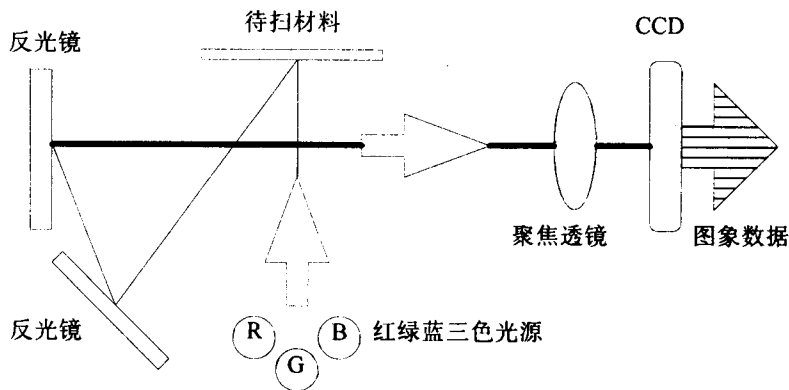


图 2.3 彩色图象扫描方式二

第三种方式使用三组 CCD,每一组 CCD 产生一种颜色的图象数据,经过一次扫描得到彩色图象。典型的如 HP ScanJet IIc 扫描仪。

HP ScanJet IIc 扫描仪使用一对光源，两组滤光镜和一个三线型CCD，可以一次扫描得到彩色图象，如图2.4所示。这种扫描方式的一个明显优点是彩色数据的扫描速度比较快。

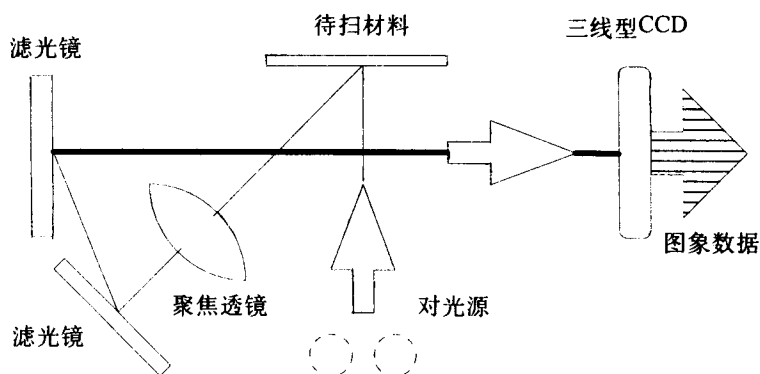


图 2.4 彩色图象扫描方式三

以上三种扫描方式在扫描的图象质量方面没有明显的差别，都难以保证三色的严格准确定位，不易套准(Registration)。这主要是因为，一方面，扫描光源与待扫材料之间的相对运动存在规则性的问题；另一方面，由于计算机资源的限制，许多扫描仪在扫描的过程中，往往走走停停地供给计算机处理图象数据。在扫描过程中，即使只丢失一、两个像素，也会影响到图象的质量。

2.2.2 图象扫描基本流程

扫描图象的过程就是扫描光源通过待扫材料，再经一组镜面反射到CCD，由CCD转换产生图象数据，然后，传输给计算机主机，最后，经过适当的软件处理，以图象数据文件的形式存储或使用。图象扫描的基本流程如图2.5所示。

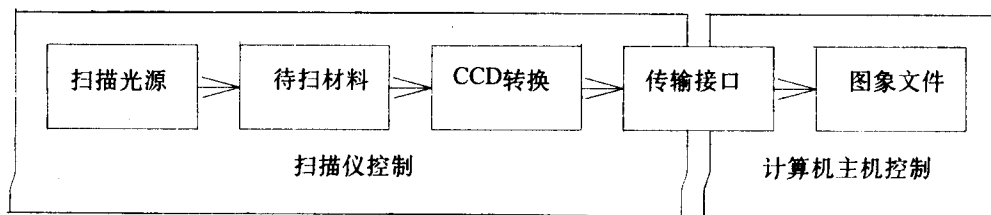


图 2.5 图象扫描基本流程

2.3 扫描仪的种类

近年来，扫描仪的发展十分迅速，出现了各种各样的适合于不同用途的扫描仪，

其种类数不胜数。归纳起来,大致可以从以下几个角度对其进行分类。

2.3.1 按扫描光源与待扫材料之间的相对运动分类

扫描仪的扫描过程是通过扫描光源与待扫材料之间的相对运动来完成的,按照其相对运动方式的不同,扫描仪可分为台式平板扫描仪(Flatbed Scanner)或手持式扫描仪(Hand Held Scanner,台湾和香港称之为掌上型扫描器)和滚筒式扫描仪(Scroll Scanner)两大类。

台式平板扫描仪或手持式扫描仪都是将待扫材料静止放置,通过扫描光源(灯管)的移动来完成扫描,如图2.6所示。

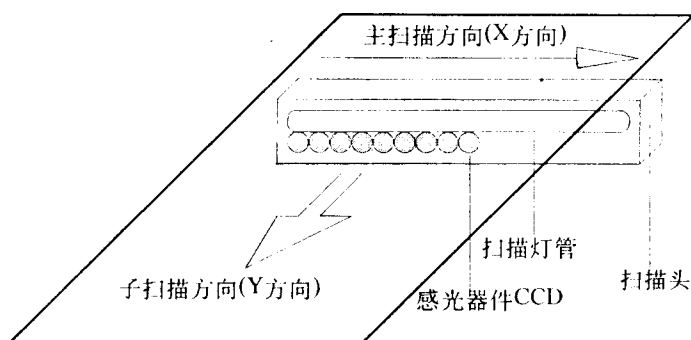


图 2.6 台式平板扫描仪扫描示意图

台式平板扫描仪的扫描幅面通常为A4(210毫米×297毫米)、Legal(8.5英寸×14英寸)或A3(297毫米×420毫米)。多数台式平板扫描仪可以安装自动送纸器ADF(Automatic Document Feeder)连续进行多页扫描。目前,这是应用最为广泛的扫描仪,在字符识别、桌面排版、办公自动化、图形图象处理、工程图纸管理以及多媒体数据库等方面发挥着重要的作用。主要的产品有 HP ScanJet IIp/IIpx/IIc/IIcx, Microtek ScanMaker II/IIISp, TH-1200SP/2400SP, Relisys-1200C/2400SP, UMAX UC-630/1200, Mustek MFS-6000CX/MFS-12000CX, ArtiScan 600C, AV800/820, SHARP JX-325 以及 EPSON ES-300C /GT-6000, 等等。

手持式扫描仪与台式平板扫描仪的不同之一在于手持式扫描仪是通过人工来移动扫描仪(光源),而台式平板扫描仪是通过步进马达控制和移动光源。另外,手持式扫描仪的扫描宽度通常只有105毫米(约4.1英寸),长度则可达14英寸。手持式扫描仪因其价格低廉、小巧方便,使用极为普遍。部分手持式扫描仪还可用于便携计算机。主要的产品有 MUSTEK GS-800/HT-800 Turbo/MATADOR-105/CG-6000, Artéc A400Z/A1000C/Viewscan/Walkscan, TH-105系列, Logitech ScanMan Model 32/Model 256/ ScanMan Color, Genius NEW Genius Scanner 4500 for Windows/B105 for

Windows/C105 for Windows, Primax Lector Plus/Lector 800/Gray/Color以及 QTRONIX MS-7400 GS/MS-7400 CG, 等等。

与手持式扫描仪相类似的,还有一种笔式扫描仪(Pen Scanner),因其外形像一支笔而得名。笔式扫描仪一般为单像素扫描,主要用于条形码(Bar-Code)的输入识别,在车站检票、商品登记等方面都有广泛的应用。松下(Panasonic)F55 录象机的遥控器也装有一个类似的数字扫描仪(Digital Scanner),可以进行节目设定。有一类笔式扫描仪可以扫描约5mm~10mm的宽度,能够输入少量的文字等信息。

滚筒式扫描仪在扫描的过程中保持扫描光源静止不动,通过卷动待扫材料来完成扫描。滚筒式扫描仪因其幅面、应用需求不同而有多多种多样。

在专业印刷行业和精密图象处理系统中,一般采用光电倍增管作为光电转换器件的高速滚筒扫描仪,这种扫描仪精度最高,速度快,但价格也最为昂贵,典型的如AgFa系列。

在工程图纸和地形、地貌图输入系统中,常常使用A0(841mm×1189mm)或A1(594mm×841mm)的大幅面滚筒式扫描仪。这类扫描仪基本上为黑白方式扫描,价格较高,与之配套的图纸处理软件目前还不太成熟。主要的品牌有Contex FSS 5000和Oce系列等。

有一类滚筒式扫描仪,功能与台式平板扫描仪相近,可以输入A4幅面的材料,并支持多页材料连续扫描,如AV-100, PROSCAN等。值得一提的是,AV-100扫描仪既可以扫描A4幅面的材料,也可以作为卡片扫描仪,扫描输入小于A4的各种大小的卡片;AV-100扫描仪还有一个重要的特点,就是它可以脱离计算机,直接与HP系列的激光打印机相连,完成类似于复印机的功能。PROSCAN扫描仪采用了与HP台式平板扫描仪完全兼容的命令。

滚筒式扫描仪家族中还有一系列阅读器,用于某些专门的场合,包括名片阅读机和阅卷机,如COMPUSTAR等等。

2.3.2 按待扫材料分类

按待扫材料分类,扫描仪可分为反射式扫描仪与透射式扫描仪。反射式扫描仪主要用于扫描普通的印刷材料和图片等;透射式扫描仪则主要用于扫描反转片,如X光片、照相底片和幻灯片等。

目前市场上绝大部分扫描仪都是反射式扫描仪。台式平板的反射式扫描仪可以通过安装透射板,形成透射式扫描仪,完成透射扫描。透射板的价格约为扫描仪价格本身的一半。

透射式扫描仪与反射式扫描仪的根本区别在于,其扫描光源与CCD分别位于待扫材料的两侧。

2.3.3 按可以扫描的图象类型分类

扫描仪技术的发展非常迅速,现在,已经可以扫描五彩斑斓的大千世界。按可以扫描的图象类型分类,扫描仪分为黑白扫描仪和彩色扫描仪。

黑白扫描仪又分为二值扫描仪和灰度扫描仪,二值扫描仪只能扫描黑白二值图象,其每一个像素为1-bit,非0即1,分别代表黑与白(或白与黑)。多数的A0或A1幅面工程图纸扫描仪即为这种黑白二值扫描仪。灰度扫描仪的CCD能够辨别多个灰度或明暗层次(不只是0和1),通常为256级,需要用8-bits(一个字节)表示一个像素。灰度扫描仪可以通过参数设置,扫描二值图象。

彩色扫描仪要通过产生分别对应于红、绿、蓝三基色的三幅图象,然后将三幅图象合成在一起来完成图象的扫描,它又分为三次扫描和一次扫描。一般来说,扫描仪品牌的尾字符为C(Color)表示彩色三次扫描,尾字符为SP(Single Pass)表示彩色一次扫描。彩色扫描仪扫描得到的彩色图象数据要比黑白图象数据复杂,且数据量也大得多。不难理解,彩色扫描仪也可以通过参数设置,扫描黑白图象。

以上三种分类方式并不严格,互有交叉。除此以外,还可以按扫描仪的驱动方式、扫描仪的应用领域和扫描仪的应用系统等来分类。

2.4 扫描仪的性能指标

扫描仪的性能指标很多,主要有以下九个方面。

2.4.1 扫描仪的分辨率

扫描仪的分辨率(Resolution,台湾和香港称之为解析度)是扫描仪最重要的性能指标之一。扫描仪分辨率的高低,决定了扫描仪的空间扫描精度。扫描仪分辨率的单位为DPI(Dot Per Inch,每英寸像素点数),如图2.7所示。扫描仪的分辨率又分为光学分辨率和实际扫描分辨率。

光学分辨率是扫描仪光电转换器件的物理精度,以CCD为光电转换器件的台式平板扫描仪的分辨率取决于CCD的集成度。到1993年为止,CCD的最高集成度为5000个像素,于是,分辨率高的扫描仪扫描幅面就小。以台式平板扫描仪通常的扫描幅面A4为例,宽度为8.5英寸,其理论上的最大光学分辨率为 $5000/8.5 \approx 588\text{DPI}$ 。考虑到在实际中颜色或量度的校正、噪声的干扰等诸多因素,目前台式平板扫描仪的最大光学分

分辨率一般为400DPI ~ 600DPI。许多扫描仪在扫描的过程中，当扫描光源与待扫材料相对运动时，增加垂直方向(Y方向)读取数据的频度，从而在单方向上提高分辨率。例如，一台光学分辨率为400DPI的扫描仪每移动1/800英寸读一次数据，就可以产生分辨率为400×800DPI的图象。

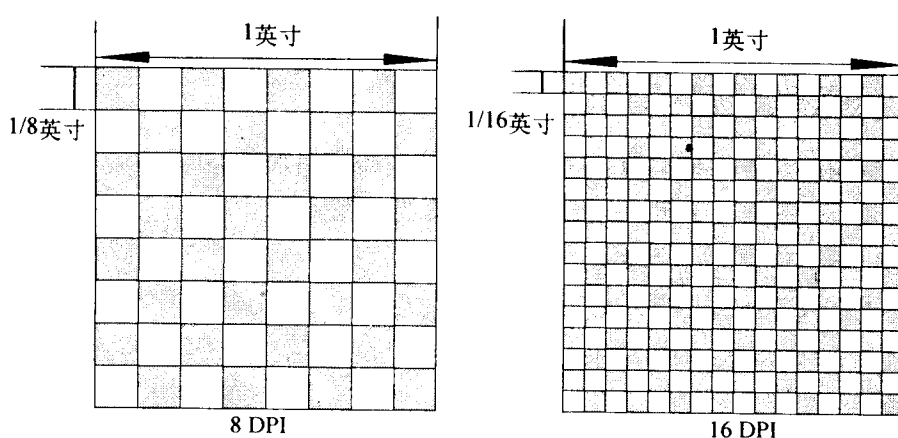


图 2.7 扫描分辨率示意图

用作商业印刷的专业扫描仪，其光学分辨率超过2000DPI，价格极为昂贵。

实际扫描分辨率是指扫描仪在扫描图象时，每英寸产生的实际像素数。对于绝大多数扫描仪，这是一个可以调整的参数。最简单的情况是当实际扫描分辨率等于光学分辨率时，按照光学分辨率产生数据即可；以低于光学分辨率的实际扫描分辨率扫描图象时，有些是直接间隔地进行数据采集，有些则是对每几个像素取一平均值；当要获得高于光学分辨率的图象时，需要在各个扫描像素之间插入适当的值。不同的扫描仪采用了不同的插值算法，最常用的算法有两种，一种是以平均值插入；另一种是直接将像素值重复来增加实际扫描分辨率。理论上讲，平均值插入产生的数据，图象质量要好一些。例如，HP ScanJet IIc 扫描仪的光学分辨率为400DPI，在提高实际扫描分辨率时两种方法共用，在将分辨率提高到800DPI时是在每两个像素之间插入一个平均值，而要进一步将分辨率提高到1600DPI时就直接复制了。

作为扫描仪的主要性能指标之一，通常用户关心的是最大的实际扫描分辨率。一般来说，扫描仪的最大实际扫描分辨率是其光学分辨率的2的整数倍。例如，一台光学分辨率为400DPI的扫描仪，它的最大实际扫描分辨率可能是800DPI或1600DPI。

市场上的各种扫描仪，虽然其最大光学分辨率一般为400DPI ~ 600DPI，但其最大的实际扫描分辨率可以达到1200DPI、2400DPI、4800DPI，有的甚至高达9600DPI。

关于分辨率，还有一点值得说明。扫描仪除了最大实际扫描分辨率外，其最小实

实际扫描分辨率和分辨率的变化步长(Step)也是十分有用的。多数扫描仪的最小实际扫描分辨率约为30DPI左右,变化步长为光学分辨率的1%或以单点变化(1DPI)。例如,HP ScanJet IIc 扫描仪的光学分辨率为400DPI,实际扫描分辨率的变化范围为12DPI~1600DPI,可以按单点连续变化;Microtek 600Z 扫描仪的光学分辨率为300DPI,实际扫描分辨率的变化范围为75DPI~600DPI,可以按3DPI(300×1%)为步长进行变化。

2.4.2 扫描仪的扫描模式(数据类型)

扫描仪的分辨率反映了扫描仪的空间精度,而扫描仪的扫描模式,即扫描仪所支持的数据类型,则体现了扫描仪所能产生的数据的精度。

扫描仪的扫描模式(数据类型)可以分为以下八种:

1. 白数据(White)。扫描结果为全“1”(或全“0”),与扫描内容完全无关。
2. 黑数据(Black)。扫描结果为全“0”(或全“1”),与扫描内容完全无关。以上两种数据类型主要用于扫描仪的检测和自检,并没有实际扫描意义。支持这种扫描模式的扫描仪不多,典型的有HP系列台式平板扫描仪。

3. 黑/白二值图形文字线条数据(B/W Line Art)。所谓黑/白二值图形文字线条数据,就是简单地将多彩的世界根据其亮度情况通过一个亮度阈值(Threshold)归结为黑或白二值,非“0”即“1”,每个象素用一个二进制位来表示(1-bit)。这是最为普遍的一种扫描模式。所有的扫描仪,不论幅面大小和其它方面的性能如何,都支持这种数据类型。这种数据类型被广泛地应用到文字识别(OCR)和工程图纸、地貌地形图的输入等领域。

4. 黑/白二值半色调数据(B/W Halftone)。黑/白二值半色调数据也只有“0”、“1”二值,与黑/白二值图形文字线条数据所不同的是,每个象素是“0”或是“1”除了与该点的亮度有关外,也与其周围某一邻域内(通常为8×8邻域)的亮度有关。实际上,黑/白二值半色调数据是使用不同的图形花样,即用点的密度来模拟黑白灰度(Dithering,称之为组织抖动),从而产生视觉上的明暗深浅的效果。这种类型的数据可以表现细节不太丰富的图片,如人脸的照片等。其优点在于设备简单、数据量小,而且可以直接送给激光打印机或点阵打印机打印输出;所不足的是,无法进一步加强图象的对比度和亮度,也缺乏真正的灰度明暗效果,近距离观看时尤其如此。

在一个字节内,可以存储黑/白二值图形文字线条数据或黑/白二值半色调数据的八个象素,具体格式如表2.1所示。

表 2.1 黑/白二值数据格式

二进制位	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
像素	像素1	像素2	像素3	像素4	像素5	像素6	像素7	像素8

5. 黑/白灰度数据(B/W Grayscale)。黑/白灰度数据就是将图象的亮度等分成若干个层次来表现黑白效果，具有逼真的明暗深浅感觉。最常见的黑/白灰度图象有256个灰度等级，这已经大大超过了人眼的分辨能力(人眼的分辨能力约一百多个灰度等级)。有的黑/白灰度图象根据不同的需要有64个或16个灰度等级，64级灰度图象已经具有十分柔和的观感。16级灰度图象的亮度层次如图2.8所示。

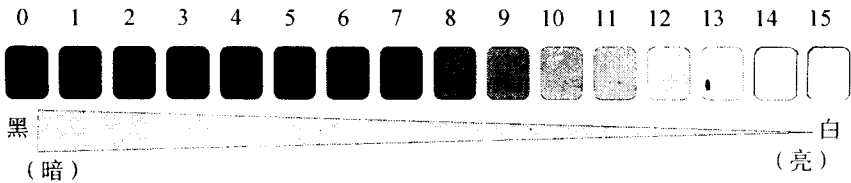


图 2.8 16级灰度图象的亮度层次

256级、64级和16级灰度图象的存储格式分别如表2.2、表2.3和表2.4所示。

表 2.2 256级灰度图象数据格式

二进制位	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
像素	像素1							

表 2.3 64级灰度图象数据格式

二进制位	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
像素	(保留不用)		像素1					

表 2.4 16级灰度图象数据格式

二进制位	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
像素	像素1				像素2			

黑/白灰度数据可以通过如下方法处理成黑/白二值半色调数据，从而用于打印输出或其它用途。

首先，选定一个半色调模板，如 Coarse Fattting、Fine Fattting、Bayer或 Virtical Line 等，一般选择大小为8×8或4×4的模板。适合于处理256级灰度图象的8×8 Bayer 模板和适合于处理16级灰度图象的4×4 Bayer 模板的内容分别如表2.5及表2.6所示。然后，将灰度图象每一个像素的值同模板中相应的数据相比较，如果象素值大于模板中的对应值，则该象素为“1”(或“0”)；反之，则为“0”(或“1”)。作者曾用这种方法处理打印过许多图象，效果很好。

表 2.5 大小为8×8的 Bayer 模板

47	157	236	239	183	167	235	238
196	219	242	245	202	222	241	244
231	237	113	177	233	37	137	187
240	243	208	225	240	243	231	229
100	172	235	238	65	162	236	239
205	223	241	244	199	220	242	245
234	237	149	191	232	237	124	182
240	243	216	230	240	243	210	227

表 2.6 大小为4×4的 Bayer 模板

0	8	2	10	0	8	2	10
12	4	14	6	12	4	14	6
3	11	1	9	3	11	1	9
15	7	13	5	15	7	13	5
0	8	2	10	0	8	2	10
12	4	14	6	12	4	14	6
3	11	1	9	3	11	1	9
15	7	13	5	15	7	13	5

下面, 介绍一种简单的产生半色调模板的典型算法。

定义: 矩阵

$$M_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}, U_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, U_{N \times N} = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & 1 \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

则有:

$$M_{2^2 \times 2^2} = \begin{bmatrix} 4M_{2 \times 2} & 4M_{2 \times 2} + 2U_{2 \times 2} \\ 4M_{2 \times 2} + 3U_{2 \times 2} & 4M_{2 \times 2} + U_{2 \times 2} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

... ..

$$M_{2^{N+1} \times 2^{N+1}} = \begin{bmatrix} 4M_{2^N \times 2^N} & 4M_{2^N \times 2^N} + 2U_{2^N \times 2^N} \\ 4M_{2^N \times 2^N} + 3U_{2^N \times 2^N} & 4M_{2^N \times 2^N} + U_{2^N \times 2^N} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

根据式(2.1)、(2.2)和(2.3), 不难求得,

$$M_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 8 & 2 & 10 \\ 12 & 4 & 14 & 6 \\ 3 & 11 & 1 & 5 \\ 15 & 7 & 13 & 5 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

显然, 式(2.4)与表2.6的结果完全一致。

理论上讲, 可以通过这种方法产生任意大小的模板。实验表明, 8×8 的模板效果较好, 而 8×8 模板的数据值为 $0 \sim 63$, 为了处理256级灰度的图象, 修正的 8×8 模板如下:

$$M_{8 \times 8} = 4 M_{8 \times 8} + k U_{8 \times 8} \quad (2.5)$$

式(2.5)中, k 作为简单的亮度调节因子, $k=0,1,2,3$ 。

有相当多的手持式扫描仪只能扫描黑白二值的图象, 不支持灰度图象和彩色图象。有时候, 为了改善显示效果, 根据上述算法的相反过程, 采用降低空间分辨率的办法, 可以得到效果相当不错的灰度图象。常用的VGA显示器的分辨率是 $640 \times 480 \times 16$ 色(或16级灰度), 在这个档次的设备上, 16级灰度的图象往往是最好的选择。假定有一幅400DPI的黑/白二值半色调图象, 将图2.9所示图象中的每一个 4×4 的小方块简单地相加(如果等于16则取15), 作为16级灰度图象的一个像素, 就能够得到一幅100DPI的16级灰度图象。这实质上就是将黑/白二值图象与 $U_{4 \times 4}$ 进行卷积运算。

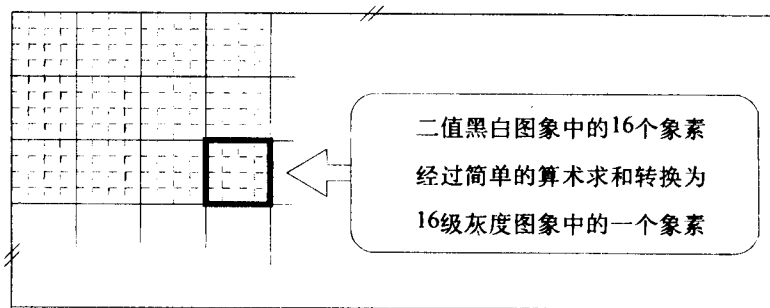


图 2.9 由黑白二值图象产生灰度图象示意图

作者曾在“清华I&T图文电子档案管理系统”的1.0版本和2.0版本中成功地采用了这种方法, 取得了极好的效果。

6. 彩色图形文字线条数据(Color Line Art)。彩色图形文字线条数据与黑/白图形文字线条数据非常相似, 所不同的是, 彩色数据由红、绿、蓝三色所组成, 每种颜色的内容及产生方式与黑/白图形文字线条数据完全一致。彩色图形文字线条数据的存储方式一般有四种, 分别如表2.7、表2.8、表2.9和表2.10所示。表2.7所示的第一种存储方式比较常见; 表2.8所示的第二种存储方式又称为Chunky方式, 与16级灰度图象的

存储方式相似，可以简单地在VGA (或EGA) 等计算机屏幕上显示；表2.9和表2.10所示的两种存储方式较为少见 (假定图象共有N行)。

表 2.7 彩色图形文字线条数据格式一 (共八个像素)

字节	第一字节								第二字节								第三字节							
二进制位	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
像素	红 象 素 1	红 象 素 2	红 象 素 3	红 象 素 4	红 象 素 5	红 象 素 6	红 象 素 7	红 象 素 8	绿 象 素 1	绿 象 素 2	绿 象 素 3	绿 象 素 4	绿 象 素 5	绿 象 素 6	绿 象 素 7	绿 象 素 8	蓝 象 素 1	蓝 象 素 2	蓝 象 素 3	蓝 象 素 4	蓝 象 素 5	蓝 象 素 6	蓝 象 素 7	蓝 象 素 8

表 2.8 彩色图形文字线条数据格式二 (Chunky方式)

二进制位	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
单色像素	0	红色1	绿色1	蓝色1	0	红色2	绿色2	蓝色2
像素	(不用)	像素1			(不用)	像素2		

表 2.9 彩色图形文字线条数据格式三 (彩色行顺序方式)

第一行数据	第一行红色数据
	第一行绿色数据
	第一行蓝色数据
... ..	
第N行数据	第N行红色数据
	第N行绿色数据
	第N行蓝色数据

表 2.10 彩色图形文字线条数据格式四 (彩色页顺序方式)

红色	第一行红色数据
	
	第N行红色数据
绿色	第一行绿色数据
	
	第N行绿色数据
蓝色	第一行蓝色数据
	
	第N行蓝色数据

这种数据特别适合于彩色图形、彩色动画图案以及彩色文字图表等。

7. 彩色半色调数据(Color Halftone)。彩色半色调数据在存储格式上与彩色图形文字线条数据完全一样，其数据的产生方式则与黑/白彩色半色调数据非常相似，只是

红、绿、蓝三色分别处理而已。与黑/白半色调数据一样，彩色半色调数据也可以直接送给彩色喷墨打印机或彩色点阵打印机，打印输出。

8. 真彩色数据(True Color)。五彩斑斓的大千世界，是由赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色所组成的，而这七色，又可以由红、绿、蓝三基色相加而成，因此，分别对应于红、绿、蓝三色的具有多个亮度等级的三幅图象，就可以完全反映真实的自然世界，这就是真彩色图象。正如灰度图象一般有256个灰度等级一样，真彩色数据的红、绿、蓝三色通常也都有256个亮度等级，可以用三个字节(24-bits)来表示其一个像素，数据格式如表2.11所示。

表 2.11 真彩色图象数据格式(共一个像素)

字节	第一字节								第二字节								第三字节							
二进制位	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
像素	红像素1								绿像素1								蓝像素1							

真彩色数据也能够以表2.9和表2.10所示的格式存储。

各种扫描仪支持的数据格式都向上兼容，即支持黑/白灰度图象数据的扫描仪也支持黑/白二值数据；支持彩色数据的扫描仪同时也支持黑/白灰度数据和黑/白二值数据。

目前，手持式扫描仪大部分只支持黑/白二值图象格式，也出现了部分支持黑/白灰度图象格式和彩色图象格式的手持式扫描仪，不过，此时的光学分辨率仅为100DPI左右。台式平板扫描仪大部分都支持彩色扫描，其数据精度一般为24-bits真彩色($2^{24}=16\ 777\ 216$ 种颜色)。近两年来，平板扫描仪的数据精度大大提高，不少扫描仪支持30-bits真彩色数据(红、绿、蓝各10-bits，共有 $2^{30}=1\ 073\ 741\ 824$ 种颜色)。最新的报道表明，已出现了单次扫描的36-bits真彩色模式(红、绿、蓝各12-bits，共有 $2^{36}=68\ 719\ 476\ 736$ 种颜色)。滚筒式扫描仪的数据精度也在不断发展，以适合于各自的应用领域。

2.4.3 扫描仪的扫描速度

扫描仪的扫描速度是扫描仪的又一重要指标，这一指标决定着扫描仪的工作效率，在文字识别应用中尤其如此。一般而言，以300DPI的分辨率扫描一幅A4幅面的黑白二值图象，时间应少于10秒钟；同等情况下扫描黑白灰度图象约需10秒钟左右；扫描彩色图象则需要更多的时间，如HP ScanJet IIc 约需20多秒，许多三次扫描的彩色扫描仪则要用2~3分钟。

影响扫描仪扫描速度的因素颇多，也很复杂。值得特别说明的是，扫描仪所使用