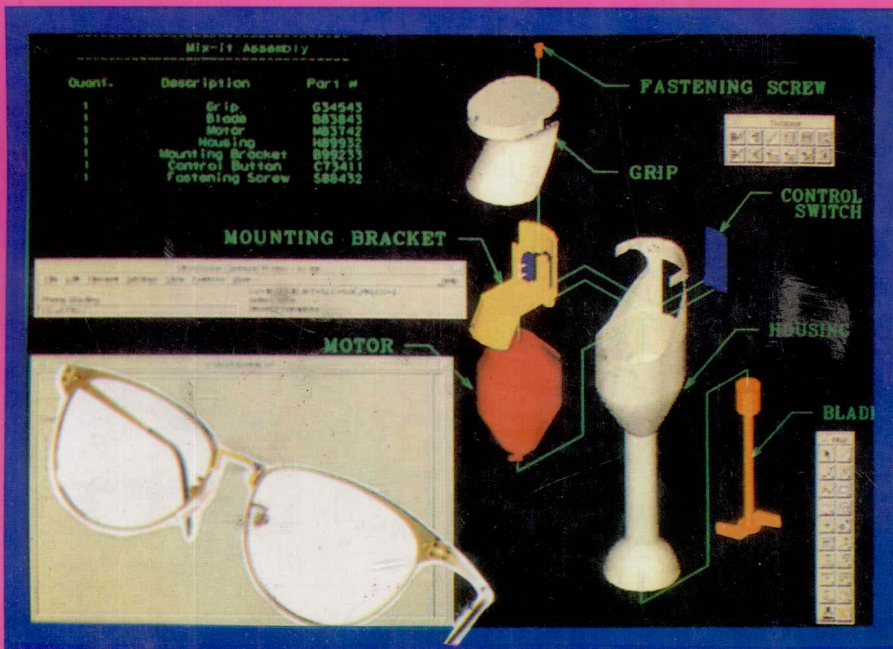


计算机图形与图像丛书

数字图像压缩编码技术 及其C语言程序范例

黎洪松 编著



学苑出版社

数字图像压缩编码技术 及其 C 语言程序范例

学苑出版社

1994

(京)新登字 151 号

内 容 提 要

高清晰度电视、多媒体技术和宽带综合业务数字网是当今信息科学研究领域的三大热点课题,而数字图像压缩编码技术则是实现上述目标的关键。本书从实用的角度论述数字图像(灰度图像和彩色图像)压缩编码技术的原理和实现方法,着重介绍了图像压缩的国际标准(JPEG、H. 261 和 MPEG-1)、多媒体视频压缩技术和高清晰度电视图像压缩技术。同时,作者提供了部分 C 语言图像压缩程序,每个程序力求简单、完整,并作了详细地解释。读者只要将程序输入计算机编译运行,就能实现梦寐以求的图像压缩编码。读者也可以对程序进行改造,使之适合于自己的要求和达到更高的水平。作者编写这本书的目的有三个:第一,为有志于图像压缩、图像处理的师生和科研人员提供简易而有效的实用图像压缩和处理技术,达到事半功倍的效果;第二,为从事图像压缩和处理研究的教师、科研开发人员、硕士、博士和高年级大学生等提供已有的图像压缩编码算法和程序,使他们避免重复性的研究,节省宝贵的时间和精力,集中力量去开发和创造,为图像压缩技术的发展作出贡献;第三,对从事计算机、通信、电视以及信号处理等学科的广大科技人员来说,他们没有太多的时间和精力深入研究图像编码技术,只希望快速了解图像压缩方法和利用现有成果来解决他们的实际问题,本书简洁的叙述和大量的实用范例,将能使他们如愿以偿。

欲购本书的用户请直接与北京 8721 信箱联系,邮编:100080,电话:2562329。

计算机图形与图像丛书

数字图像压缩编码技术及其 C 语言程序范例

编 著:黎洪松

审 校:熊可宜

责任编辑:甄国宪

出版发行:学苑出版社 邮政编码:100036

社 址:北京市海淀区万寿路西街 11 号

印 刷:兰空印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:16.125 字数:373 千字

印 数:1~5000 册

版 次:1994 年 5 月北京第 1 版第 1 次

ISBN7-5077-0884-5/TP·26

本册定价:28.00 元

学苑版图书印、装错误可随时退换

前 言

目前,随着高清晰度电视、多媒体计算机和以 ATM 交换为标志的宽带综合业务数字网的出现和发展,信息科学技术领域正经历着最深远的变革。高清晰度电视作为新一代的电视将逐步取代现有的电视,它将为人们提供更清晰、更逼真、更丰富的视听享受,并有身临其境的感觉,电视对人们生活的影响是巨大而深远的。多媒体计算机技术是将正文、声音、图形、静止图像、活动图像与计算集成在一起的技术。多媒体计算机技术是目前计算机工业最热门的课题,因为它将改变我们的工作、教育、培训以及家庭娱乐方式,改变我们未来的生活。而宽带综合业务数字网的一个主要目标是传送多媒体业务。有人说,二十一世纪将是多媒体通信的黄金时代,这一点也不夸张。毫无疑问,这三大关键技术将会对人类社会的发展产生巨大的影响。

但由于图像信息量特别大,存储时占有媒体容量多,在传输时占用信道容量大。要实现上述三种技术,其关键是图像压缩编码。利用图像相邻像素之间、相邻扫描行之间、活动图像的相邻帧之间的相关性和人眼的视觉特性,可实现图像数据的高效压缩。

今天,个人计算机的运算速度和处理能力已能够应付图像压缩处理,这也正是多媒体技术发展的巨大动力。现在,人们能在 386、486 等个人计算机上开发图像压缩软件和进行图像压缩处理。随着图像通信的迅速发展,人们对图像压缩产品(硬件和软件)的需求将越来越大。许多从事计算机、通信、电视以及信号处理等领域的人们将会遇到要进行图像压缩和处理,人们希望有一本简单、实用而有效的图像压缩著作,这正是作者编写这本书的目的所在。

本书第一章介绍与图像压缩技术有关的基础知识,这对于理解后面的内容是很有帮助的,这些都是最基础、最实用的。

第二章介绍经典图像压缩编码技术,主要包括预测编码、哈夫曼编码、游程长度编码和变换编码等,这些技术的混合使用产生了许多新的压缩算法,如 JPEG 标准、MPEG 标准等。

第三章简述图像压缩的新技术,如神经网络用于图像压缩、矢量量化、运动估值以及图像编码的新发展,这对于从事图像压缩编码研究和开发的同事们将是十分有用的。

第四章讨论静止图像压缩的国际标准,简称 JPEG。值得说明的是,JPEG 压缩标准不仅适用静止图像,而且也可用于活动图像,市场上已有其产品。

第五章简述适用于电视电话/会议电视的视频压缩编码标准—H. 261 建议。

第六章介绍活动图像压缩编码标准—MPEG。MPEG 标准仍在发展之中,本章主要介绍 MPEG—1 标准,这对于从事数字电视(包括高清晰度电视)、多媒体技术研究的读者将是很有用的。

第七章介绍多媒体系统中视频压缩算法及应用;第八章则论述高清晰度电视图像压缩编码方案。这两章内容新颖,相信对有志于从事图像压缩编码、多媒体技术和电视技术的读者是有益的。最后第九章是 C 语言程序范例。

本书所介绍的都是非常实用的技术,而不过多涉及生硬难懂的数学方法。为了满足读者深入研究图像压缩技术的需要,本书在需要复杂数学知识的地方注明了有关的参考文献。为了便于读者理解,本书的 C 语言程序均避免使用复杂的 C 语言算法。这些程序都已在 Intel 386 微

机(4MB RAM 33M 时钟)或 sun sparc 2 工作站上通过测试。应当指出,计算机的威力越大,则图像压缩和处理的速度就越快、越充分。

如果本书能对读者的工作、学习和研究有所帮助和启迪,对作者来说,那将是非常愉快的。

借此机会,作者感谢北京希望电脑公司陆卫民先生、徐建华先生的大力支持,感谢北京邮电大学全子一教授的关怀和指导。

目 录

第一章 基础知识	1
1.1 普通电视制式	1
1.2 CCIR 601 建议	2
1.3 微机图像显示	4
1.4 图像数据存储格式	6
1.5 数字图像处理简介.....	13
第二章 基本的图像压缩编码技术	21
2.1 概述.....	21
2.2 预测编码.....	21
2.3 变换编码.....	23
2.4 熵编码.....	25
2.5 亚抽样与内插.....	26
2.6 混合编码.....	27
第三章 图像压缩编码的新技术	28
3.1 概述.....	28
3.2 矢量量化.....	28
3.3 VQ+DPCM+DCT 编码算法	31
3.4 图像压缩编码的神经网络方法.....	32
3.5 运动估值与补偿.....	36
3.6 图像编码技术的新发展.....	40
3.7 图像编码与处理芯片.....	44
第四章 静止图像压缩的国际标准——JPEG	49
4.1 JPEG 运行模式	49
4.2 JPEG 算法	49
4.3 CL550 JPEG 图像压缩处理器	72
4.4 C-Cube 公司的 JPEG 静止图像板	75
4.5 C-Cube JPEG 视频开发工具	75
第五章 电视电话/会议压缩编码标准——H. 261 建议	78
5.1 关于 H. 261 建议	78
5.2 源编码器.....	79
5.3 传输编码器.....	93
5.4 电视电话技术.....	94
第六章 活动图像压缩的国际标准——MPEG	103
6.1 关于 MPEG	103

6.2	MPEG 系统标准简介	103
6.3	MPEG 视频编码	104
6.4	CL450 MPEG 视频解码器	119
第七章	图像压缩技术与多媒体技术	122
7.1	关于多媒体技术	122
7.2	图像压缩技术在多媒体计算机中的应用	123
7.3	多媒体通信及其图像压缩编码	134
第八章	高清晰度电视(HDTV)图像压缩编码	149
8.1	关于 HDTV	149
8.2	数字 HDTV 的三个关键问题	152
8.3	Digicipher HDTV 系统图像压缩编码方案	154
8.4	AD-HDTV 系统图像压缩编码方法	161
8.5	美国 4 种全数字 HDTV 方案比较	167
8.6	美国 HDTV 的新发展——CA-HDTV 系统	169
第九章	图像编码的 C 语言程序范例	177
9.1	基础部分	177
9.2	JPEG 基本系统	184
9.3	图像矢量量化的神经网络方法	230
参考文献	252

第一章 基础知识

1.1 普通电视制式

为了有别于后面要讨论的高清晰度电视(HDTV),将目前广泛使用的电视称为普通电视(CTV),其制式有 NTSC 制、PAL 制和 SECAM 制,其主要参数见表 1.1。

1.1.1 NTSC 制

NTSC 是 National Television System Committee(国家电视制式委员会)的缩写。它是美国于 1953 年研制成功的一种兼容彩色电视制式。按色度信号的特点,这一制式又称正交平衡调制。NTSC 制式的主要优点有:在信号传输无失真的情况下,它具有较高的彩色图像质量;兼容性较好;重现的彩色图像无明显的“爬行”和亮度闪烁现象;较易于实现信号处理;色度信号的形成和分离都比较简单,因而中心设备和接收机、录像机都可以简化,成本低。NTSC 制的主要缺点是:色度信号的幅度失真将影响重现彩色的饱和度;已调色信号的相位失真将明显地影响重现彩色的色调;传输通道的频率特性对色度信号频带不对称,有损于色饱和度和色调的正确重现;对群时延、多径干扰和磁记录的时基误差等均较敏感。

NTSC 制综合了人眼的彩色视觉特性、大面积着色原理、频谱交错原理、高频混合原理和正交平衡调幅技术等彩色电视方面的理论与实验成果。最先创建了兼容性同时制彩色电视,为近代彩色电视制式与技术的发展提供了良好基础。

1.1.2 PAL 制

为了克服 NTSC 制的相位敏感性,1962 年在西德研制出 PAL 制。PAL 是 Phase Alternation Line(相位逐行交替)的缩写。按色度信号的特点,PAL 制又称逐行倒相正交平衡调制。PAL 制克服 NTSC 制相位敏感性的基本原理是:采用逐行梳状滤波器分离后再同步检波;最后又利用视觉平均作用补偿小幅度串色所引起的彩色失真。PAL 制的主要优点有:对相位失真不敏感;多径接收对 PAL 信号影响较小。PAL 制的主要缺点表现在:存在着行顺序效应,主要表现为重现图像有“爬行”现象和半帧频闪烁感觉;处理 PAL 信号比 NTSC 信号较为复杂;彩色清晰度比 NTSC 低;编解码较复杂,接收机的价格较高。

1.1.3 SECAM 制

SECAM 是顺序传送彩色存储的意思。这一概念于 1956 年由法国工程师亨利·弗朗斯提出,1959 年开始研究 SECAM 制式,1966 年形成参数最佳化的 SECAM II-b 制。SECAM 是采用错开传输时间的方法(时分原则)来避免串色及由其造成的彩色失真,即逐行依次传送色差信号(R-Y)和(B-Y),因而在同一时间内在传输通道只有一个信号存在,而亮度信号则仍每行都传送。所以,SECAM 是一种顺序同时制。

SECAM 制最大特点是传输失真对色度信号影响小,大面积彩色图像几乎不受微分增益

和微分相位失真的影响,也不大受传输通道频率特性和多径接收的影响。其缺点是:由于逐行交替传送色度信号,在受到较大误差影响的情况下,存在行顺序效应;其次从技术发展的角度,调频制的色信号不利于数字化处理和亮、色的彻底分离。

总之,NTSC、PAL、SECAM 三种彩色电视制式,实际工作性能都比较好,在传输条件良好的情况下,都可以重现优质的彩色电视图像。

表 1.1 三种彩色电视制式的主要参数

制式	NTSC	PAL		SECAM
系统	M	I	B、G、H	
应用国家	日本、美国	英国	西德、意大利	法国、原苏联
行周期	65.55 μ s	64.00 μ s		64.00 μ s
扫描线数 (每场)	525/2	625/2		625/2
场数/秒	$f_v=59.94$	$f_v=50$		$f_v=50$
色副载波频率	$f_{sc}=455/2f_H$ $=3.579545\text{MHz}$ $\pm 10\text{Hz}$	$f_{sc}=(284-\frac{1}{4})f_H+\frac{1}{2}f_v$ $=4.43361875\text{MHz}$ $\pm 1\text{Hz}$ $\pm 5\text{Hz}$		$f_{sc}=272f_H$ $=4.250000\text{MHz}$ $f_{sc}'=282f_H$ $=4.40625\text{MHz}$ $\pm 2\text{KHz}$ (对 R-Y)
行同步频率	$f_H=15.73426\text{KHz}$	$f_H=15.625\text{KHz}$		$f_H=15.625\text{KHz}$
色信号调制方式	正交二相调制	正交相位调制		调频
色副载波信号带宽	对于 f_{sc} $+0.6\text{MHz}$ -1.3MHz	对于 f_{sc} $+1.07\text{MHz}$ $+0.57\text{MHz}$ -1.30MHz -1.30MHz (对 B-Y) (对 R-Y)		对 f_{sc} $+500\text{KHz}$ -300KHz 对 f_{sc}' $+350\text{KHz}$ -500KHz
传输方式	同时制	特殊同时制 (逐行的 R-Y 分量倒相)		行顺序制 (隔行轮流送 R-Y, B-Y)

1.2 CCIR 601 建议

普通电视的数字化按输入信号的不同可分为复合编码和分量编码两大类。复合编码指直接对模拟复合信号进行数字化。复合信号内有副载波,取样过程又是一非线性过程,因此取样频率的选取要与副载波频率成整数倍,以避免取样频率与副载波频率的差拍落入带内而造成

对亮度信号的差拍干扰。这一限制使复合编码与普通电视制式有关,不能使 PAL、NTSC、SECAM 三大制式在数字时代统一起来。为此,CCIR(国际无线电咨询委员会)于 1982 年正式提出了 CCIR 601 建议,建议数字电视演播室采用分量编码格式,该建议于 1990 年进行了部分修订。分量编码是对 Y、B-Y、R-Y 三个基带分量信号进行编码,因此不存在复合编码中与副载波的差拍干扰问题。可以根据亮度信号和色度信号的不同带宽安排不同的取样频率,并采用普通电视三大制式行频公倍数 2.25MHz 的整数倍,即 13.5MHz。这样三大制式的数字电视信号均具有正交取样结构,便于数字处理和三大制式的统一记录。色差信号的取样频率考虑到演播室中色键操作的需要,适当地加大了取样频率,不是采用带宽 1.5MHz 两倍多的 $(1/4) \times 13.5$ MHz,而是采用 $(1/2) \times 13.5$ MHz = 6.75 MHz。CCIR 601 建议经常也以 Y、B-Y、R-Y 的取样(或抽样)之比 4:2:2 命名,其编码参数见表 1.2。其取样结构如图 1.1,每个点表示亮度抽样,每个黑点表示每个色差信号的抽样,其结构是正交、固定的,按行、场、帧重复。CCIR 601 建议的推出不仅使数字电视演播室参数得以统一,也实现了三大制式统一于数字格式的设置。

表 1.2 4:2:2 标准的编码参数

参量	525 行,60 场/秒制	625 行,50 场/秒制
1. 编码信号	Y, R-Y, B-Y	
2. 全行抽样数		
亮度(Y)	858	864
色度(R-Y, B-Y)	429	432
3. 抽样结构	正交,按行、场和帧重复,每行中的 R-Y 和 B-Y 抽样与奇次(1,3,5,…)Y 抽样同位	
4. 抽样频率:		
亮度信号	13.5MHz	
每个色差信号	6.75MHz	
5. 编码方式	对于亮度信号和每个色差信号都是线性 PCM,每个抽样 8 比特	
6. 每数字有效行抽样数:		
亮度信号	720	
色度信号	360	
7. 视频信号电平与量化级之间的对应:	共 220 个量化级,黑电平对应量化级 16	
亮度信号	峰值白电平对应量化级 235	
每个色差信号	共 224 个量化级,零信号对应量化级 128	

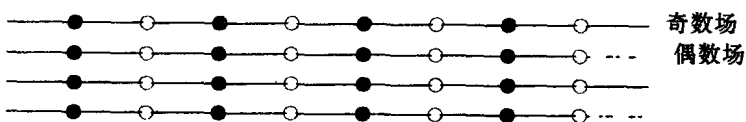


图 1.1 抽样结构

1.3 微机图像显示

用微机显示图像(黑白灰度图像或彩色图像)涉及到显示系统的性能和 CPU 的处理速度。由于图像数据量特别大,这对微机系统提出了较高的要求(硬件和软件),特别是要求显示真彩色和实时显示的场合。

1.3.1 微机显示系统及其性能

微机(PC机)的显示系统由监视器和显示卡组成。显示卡一般由寄存器组、存储器(显示 RAM 和 ROM BIOS)和控制电路三大部分组成,VGA 是目前最流行的显示卡。

显示系统的性能主要由显示分辨率、颜色或灰度、显示速度和图形显示能力等决定,其主要参数是分辨率和颜色(或灰度)。

显示分辨率是指屏幕上有多少个基本像素(Pixel)。PC 机显示系统的分辨率指的是显示控制板和监视器两者的分辨率。不同分辨率的监视器应与相对应分辨率的显示卡配套使用,才能获得所期望的显示效果。PC 机显示系统的分辨率经历了由 CGA(640×200 点阵)、EGA(640×350 点阵)、VGA(640×480 点阵)到 TVGA(1024×768 点阵)的发展过程,并向更高点阵发展,如 1024×1024、1280×1024 点阵等。显示分辨率的提高对监视器和显示卡的硬、软件要求也越来越高。而分辨率的提高既受监视器显示尺寸和扫描频率的限制,也受显示卡的存储空间的限制。

显示速率是指显示图像或文字时的速度。它与显示分辨率和监视器的扫描频率有关。显示分辨率高时,一完整屏幕的像素点就增多了,所有像素都要显示一遍,速度就要慢下来,这就需要提高扫描频率。显示卡分辨率越高,输出视频信号的频率越高,要求监视器的扫描频率也越高。监视器的扫描频率只有与显示卡的输出频率一致时,才能得到所需分辨率的显示效果。

颜色或灰度是衡量显示系统的又一重要参数,其发展主要受显示内存的限制。由于 PC 机中留作显示用的地址空间很有限,一般不超过 64K,这样,当使用大于 64K 地址空间时,通过 PC 机访问显示缓冲区的控制就变得较为复杂。因此,颜色(灰度)的增加,也会带来显示系统的复杂性和成本的增加。但随着技术的发展,这个问题将会得到很好地解决。

图形显示能力是指对屏幕上的每一像素都可以设置成不同值的能力。图形显示对硬件要求较高,其显示卡上应有图形显示的控制部分,以控制对屏幕上点的操作。图形分辨率越高,像素点的操作功能也就越强。

1.3.2 VGA 和 TVGA

1. VGA

VGA 是 Video Graphics Array 的缩写,1987 年 4 月由 IBM 公司推出,并使用在它的 PS/2 系列 PC 机上。现已成为新一代 PC 机的标准显示系统。VGA 与 EGA 相比,有许多优点。它的标准分辨率由 EGA 的 640×350 增加到 640×480;由于采用视频传送,其显示速度大大加快。VGA 由于采用模拟信号输出接口,这使得它的显示彩色丰富多彩。同时,VGA 还有非常好的软件兼容性:任何为 MDA、CGA、EGA、Hercules 卡编制的软件,均能在 VGA 上很好地运行。新推出的各种兼容的 VGA 还有许多新的特性,如更高的分辨率、更便宜的价格等。表 1.3

列出了几种常用的 VGA 显示卡。

表 1.3 几种常见的 VGA 卡比较

特性	IBM VGA	Hires Compag VGA	HP VGA	STB VGA	Super VGA	Triden TVGA
兼容性	寄存器 BIOS	寄存器 BIOS	寄存器 BIOS	寄存器 BIOS	寄存器 BIOS	寄存器 BIOS
总线接口	8 位	8/16 位	8/16 位	8 位	8 位	8/16 位
800×600 模式	无	无	有	有	有	有
HGC 兼容性	无	无	有	有	有	有
640×480 256 色	无	无	有	有	有	有
132 列字符模式	无	无	有	有	有	有
1024×768 模式	无	无	有	有	有	有

VGA 卡有以下特点：

- 高集成度的 VLSI 芯片，价格便宜；
- 8 位或 16 位外部数据总线，内部有 32 位数据总线；
- 内部有可变频率的时钟，以适应不同的显示要求；
- 寄存器级 BIOS 兼容 EGA/MDA/CGA 等显示标准；
- 支持 IBM 提出的 VGA 标准显示模式，显示模式号为 0~13H；
- 支持的分辨率为 640×480(16/256 种颜色)，最高分辨率可达 1024×768 点阵；
- 支持视频输出，采用模拟信号代替以前的数字信号，大大丰富了显示的颜色。
- 支持两种内存结构：存储位平面结构和线性内存结构。其中后者是有别于 EGA 的一种内存结构。

需要说明的是，VGA 的图形模式中属于标准模式(由 IBM VGA 支持)的模式号为 4~13H，共 10 种，其它均为非标准显示模式。尽管使用的显示模式的分辨率、颜色、内存组织、编程特点等相同，但不同厂家可能给出不同的显示模式编号，而模式号仅是一个参考值，因此编程时最好根据机器提供的手册来确定。下面讨论 TVGA 时会再次提到这一点。

2. TVGA

TVGA 8900 卡是一种通用的全功能单片实现的 VGA 系统，提供与标准 IBM VGA 寄存器兼容性，并支持模拟 VGA、EGA、CGA 和 MDA 监视器。它只需 2 片 256×4 DRAM 便可达到 VGA 效果，以 256 种颜色支持 320×200、640×480、800×600 和 1024×768 图形屏幕。TVGA 8900 同时支持 PC/AT 总线和 PS/2 微通道总线。表 1.4 是 TVGA 图形显示模式。

表 1.4 TVGA 图形显示模式

显示模式	分辨率	需显示缓冲区	显示模式	分辨率	需显示缓冲区
13H	320×200×8	64KB	11H	640×480×1	40KB
5CH	640×400×8	256KB	5BH	800×600×4	240KB
5DH	640×480×8	307KB	5FH	1024×768×4	384KB
5EH	800×600×8	480KB	61H	768×1024×4	384KB
62H	1024×768×8	768KB			

1.3.3 图像显示

对视频信号来说,黑白灰度图像即亮度图像,通常为每像素 8 比特,即 256 级。根据图像的大小,可选择其相应的图形模式进行编程。

1. 黑白多灰度图像调色板的设置

TVGA 显示卡可同屏显示 256 种颜色,由于采用三路六位 D/A 转换器,故它们可从 2^{18} 种颜色中选取。屏幕上可显示的每一种颜色在调色板寄存器内对应三个八位寄存器,它们用于存放此种颜色的红、绿、蓝分量,当这三个寄存器存放同一数值时,所显示的颜色恰为某一黑白灰度,通常图像文件中的灰度范围为 0 至 255,即有 8 位有效值,为与卡上的 6 位 D/A 相匹配,即图像数据不用修改即能以正确的灰度显示在屏幕上,在调色板数组中的数值送到 TVGA 卡上的调色板寄存器时,颜色分量需先右移两位。

2. 屏幕尺寸、图像尺寸和显示尺寸

要将一幅图像正确地显示在屏幕上,必须区分屏幕尺寸、图像尺寸和显示尺寸。屏幕尺寸指屏幕上可显示的图像行列数,它由图形显示器的显示模式决定。图像尺寸指待显示图像的行列数,它由原始图像的大小决定。显示尺寸指图像在屏幕上实际显示的尺寸,它的大小由屏幕尺寸和图像尺寸决定,一般选择其中较小者,这样可使图像以可能的最大幅面显示在屏幕左上方。当然,显示尺寸也可另行选择,但它必须在用上面方法确定的尺寸范围之内。

3. 图像显示编程

要显示一幅图像,先得根据图像文件的格式,取得显示图像所需的图像数据存放首址和图像的行列数等主要参数。显示图像编程可分四步进行:

- (1)先设置显示模式。
- (2)设置调色板数组。
- (3)将调色板数组中的数值送入 TVGA 卡上的调色板寄存器。
- (4)从图像文件中读取数据并将它们显示在屏幕上。

关于图像显示的 C 语言编程,请参考有关文献,这里不再叙述。

1.4 图像数据存储格式

1.4.1 TIF 图像文件格式

TIF 是 Tag Image Format 的缩写,由美国 Aldus Developer's Desk 和 Microsoft Windows

Marketing Group 公司联合发展的,其新版本是 1992 年春秋公布的 6.0 版,它是一种国际上非常流行、适用各种计算机及操作系统的图像文件格式,目前国际上许多流行的软件都支持 TIF 格式,如各种扫描仪所配备的软件都直接或间接地用到 TIF 图像文件格式。

TIF 文件由四部分组成:文件头、参数指针表、参数数据表和图像数据。

• 文件头

表 1.5 是 TIF 文件头结构,字节顺序是指一个字节的二进制表示从高位到低位的顺序,对于使用 Motorola CPU 的计算机(如 Apple Macintosh)为由高到低,即 MM,而对于使用 Intel CPU 的 PC 机则相反为 II;标记号 42(ZAH)表明这是一个 TIF 文件;最后四个字节是指向第一个参数指针表的指针,在文件头和参数指针表之间一般是一段文字说明,描述软件的信息及文件名等。

表 1.5 文件头结构(偏移量从文件头算起)

偏移量	长度	描述
0	2	字节顺序:MM(4D4DH)或 II(4949H)
2	2	标记:总是 42(ZAH)
4	4	指向第一个参数指针表的指针

• 参数指针表

参数指针表见表 1.6,其中前两个字节说明本参数指针表的参数块数,每个参数块的内容见表 1.7。最后的 4 个字节,通常置 0,因为一个文件一般只有一个参数指针表,若还有,则为偏移量。

• 参数数据表

在表 1.8 中,参数码占两个字节,通常取 254 到 321 之间的数,如果 ≥ 32768 则为软件私有码,一般不可辨认,参数类型指参数中每个数据所占的字节数。有下面几种:

单字节整数(BYTE)

单字节字符(CHAR)

双字节整数(SHORT)

4 字节长整数(LONG)

8 字节分数(RATIONAL)(4 BYTE 分子,4 BYTE 分母)

参数长度即参数项的个数,用 4 个字节表示,参数实际占有字节数等于参数长度乘以参数类型中对应的字节数,若其字节总数能用 4 个字节来表示,则最后一项为参数数据,否则最后 4 个字节指向参数数据的指针,常用参数码见表 1.8。

表 1.6 参数指针表结构(偏移量从本指针表开始算起)

偏移量	长度	描述
0	2	参数块的个数:n
2	12	第一个参数块
14	12	第二个参数块
...

偏移量	长度	描述
$2+(n-1)\times 12$	12	第 n 参数块
$2+n\times 12$	4	指向下个参数指针表,如果还有的话,否则为 0

表 1.7 参数块结构(偏移量从本块开始算起)

偏移量	长度	描述
0	2	参数码
2	2	参数类型
4	4	参数长度
8	4	参数数据或指向参数数据的指针

如果有彩色调色板(指针非零,且非真彩色或黑白二值情况),则按 RGB 顺序共 3 块,每块有 2^n (n 为像素或样值的比特数)项,每项占 2 BYTE(类型 SHORT)。

表 1.8 常用参数码

参数码	类型	名称	说明
256 (100H)	SHORT	宽度	图像宽度(像素个数)
257 (101H)	SHORT	长度	图像长度(像素个数)
258 (102H)	SHORT	每样本 bit 数	每个像素用若干样本表示,这是每个样本的 bit 数
259(103H)	SHORT	压缩码	图像数据的格式: 1. 未压缩 2. CCITT Group 3 一维修正 HUFFMAN 游程长度编码 3. CCITT Group 3 二维编码 4. CCITT Group 4 二维编码 5. LZW 编码
262 (106H)	SHORT	彩色顺序	彩色顺序: 0. 最小值为白,最大为黑,其余为灰度 1. 最小值为黑,最大为白,其余为灰度 2. RGB 真彩色,最小值为饱和度,无调色板 3. 伪彩色调色板,最小值由调色板定义
273 (111H)	LONG	图像块偏移	每个图像用若干块表示,对未压缩情况,一般只有一块,这就是指向图像开始部分的长指针。
277 (115H)	SHORT	每像素样本数	彩色位面数: 1. 黑白灰度或用伪彩色调色板,最多 256 种 2. 真彩色 24bits
282(11AH)	RATIONAL	水平分辨率	指针指向水平方向每单位距离像素个数
283(11BH)	RATIONAL	垂直分辨率	指针指向垂直方向每单位距离像素个数

参数码	类型	名称	说明
284(11CH)	SHORT	像素排列方式	1. 连续排列,即每个点的各彩色值排在一起 2. 分别排列,即按彩色平面排列
296(128H)	SHORT	分辨率单位	1. 无,2. 英寸(inch),3. 厘米(cm),缺省为 inch
320(140H)	SHORT	调色板	指针指向调色板的位置

· 图像数据

由于压缩能有效地减少图像数据量(这是本书的重点),通常为节省存储容量,而采用各种压缩方法,如 Huffman 游程编码、LZW 编码,其实也可以使用像 DCT 编码等,这个问题目前仍在讨论之中。这里仅考虑无压缩的情况,其图像数据按行排列,黑白二值图像每样值只需 1 比特表示,一个字节可以表示 8 个像素;对 16 色情况(每像素 4 比特)每个字节可表示两个像素,对 256 色或灰度情况(每像素 8 比特)每个字节仅能表示一个像素;而对 24 比特真彩色情况,每像素需要 3 个字节表其 RGB(各一个字节)。

1.4.2 TGA 图像文件格式

TGA 图像文件格式由 Truevision 公司发展,现已广泛被国际上的图形、图像工业所接受,是目前国际上比较流行的图像、图形文件存储格式。

TGA 文件分为 5 个固定的域和 3 个长度变化的域。前 6 个域称为文件头,剩下的 2 个域为实际的图像文件数据。各域的格式及表述见表 1.9。

表 1.9 TGA 文件格式总汇

域标号	域名	长度 (字节)	值与各字节表述
1	标记符 长度	1	0:表明该图像没有域 6 图像标记符域 非 0:定义域 6 的图像标记符域的字节个数
2	彩色 类型	1	0:表明该图像无彩色数据 1:表明该图像有彩色数据
3	图 像 类 型	1	0:没有图像数据 1:非压缩的彩色映射图像(伪、全彩色) 2:非压缩的真彩色图像 3:非压缩的黑白图像 9:游程编码彩色映射图像 10:游程编码真彩色图像 11:游程编码黑白图像

域标号	域名	长度 (字节)	值与各字节表述
4	颜色表 说明	5	1,2 字节(域 4,1)指出颜色表中起始入口地址 3,4 字节(域 4,2)指出颜色表的长度即共有多少项 5 字节(域 4,3)指明了颜色表每项的大小
5	图 像 说 明	10	1,2 字节(域 5,1):定义图像的 x 起点(位于屏幕上图像左下角) 3,4 字节(域 5,2):定义图像的 y 起点(位于屏幕上图像左下角) 5,6 字节(域 5,3):定义图像像素的相对宽度 7,8 字节(域 5,4):定义图像像素的相对长度 9 字节(域 5,5):定义了每个像素的比特数,包括属性 10 字节(域 5,6):图像的描述
6	图 像 标 识 符	可变的	若域 1 为 0,则无此项,反之,给出图像的识别信息,最大长度 255 字节
7	彩色表 数 据	可变的	若域 2 为 0,则无此项,反之,域 4,3 与域 4,2 一起定义了此域的字节数
8	图 像 数 据	可变的	描述了域 5,3 与域 5,4 定义的宽×长像素 伪彩色图像:就是颜色表的坐标 真彩色图像:兰、绿、红属性的有序数据 全彩色图像:独立的颜色表坐标

1.4.3 图像数据存储的磁带格式

由于磁带的存储容量可以做得很大,如 8mm 的磁带可达 5G bytes,用磁带来存放图像数据是一种有效的方法。磁带格式由两部分构成:说明部分和数据格式部分。

1. 说明部分

说明部分由以下项来表达:

- 数据名(DNAME)

由 12 个字符来表示,EBCDIC 码,不足 12 个字符时,后面作为空白处理。

- 帧大小(FX,FY)

在记录媒体上存在的数据区域叫帧。

- 子帧大小(SX,SY)

当图像画面较大时,将所有像素数据都放在主存储器内处理是不可能的,所以必须将画面分割处理。分割画面的单位就子帧。要说明的是,子帧大小(SX,SY)并非一定要是帧大小(FX,FY)的约数。

- 子帧数(NSX,NSY)