

北京希望电脑公司PC微机图像处理技术丛书

C语言实用图像处理

获取、处理、存贮

徐 蔓 邵剑林 赵 坚 编译
徐 蔓 朱秋竣 审校



海洋出版社

北京希望电脑公司 PC 微机图像处理技术丛书

C 语言实用图像处理

获取 · 处理 · 存贮

海 洋 出 版 社
1992 年 · 北 京

内 容 摘 要

以前用户不敢奢望的图像处理技术,如今在 PC 微机上用 C 语言就能实现了,这是本书的最大贡献之一。本书从实用角度阐述图像获取、处理和存贮的原理和实现方法,着重讨论了在 PC 微机上加上便宜而简单的配置,用 C 语言编写图像获取、存贮和处理程序的方法。书中列举了大量 C 语言图像处理程序,并作了详细解释,将它们输入机器运行就能实现读者梦寐以求的图像处理。若再稍加改造,必能达到读者自己的特定目的和更满意的效果。本书内容翔实生动,实例丰富,图文并茂,使用方便,为有志于图像处理者提供了简易而有效的实用图像处理技术。

需要本书的用户请直接与北京 8721 信箱联系, 邮码 100080, 电话 2562329。

(京) 新登字 087 号

责任编辑

刘莉蕾

C 语言实用图像处理

获取·处理·存贮

徐 蔓
徐 蔓

邵剑林

赵 军
朱秋竣

编译
审校

海洋出版社出版 (北京市复兴门外大街 1 号)

海洋出版社发行 施园印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16

印张: 31.0625 字数: 670 千字

1992年2月第一版

1992年2月第一次印刷

印数: 1-3000 册

ISBN7-5027-2532-6 / TP·78

定价: 17.00 元

目 录

前 言	1
软硬件需求	2

第一部分 视频数字化仪

第一章 基础知识

1.1 介 绍	4
1.2 PC 硬件问题	4
1.2.1 CPU 问题	4
1.2.2 PC 图形适配器	6
1.2.3 打印机端口	16
1.3 软件开发工具	18
1.3.1 使用汇编程序	18
1.3.2 使用 Turbo C	19
1.4 小 结	42

第二章 视频显示基础

2.1 介 绍	43
2.2 视频标准	47
2.2.1 NTSC	48
2.2.2 PAL 和 SECAM	49
2.3 小 结	49

第三章 视频数字化仪的硬件

3.1 简介	50
3.2 主机/数字化仪的接口	54
3.3 数字化仪的模拟部分	58
3.4 数字化仪的数字部分	59
3.5 数字化仪的装配	62
3.6 调试已完成的数字化仪	64
3.7 小 结	65

第四章 低级数字化仪图像获取软件

4.1 介 绍	66
---------------	----

4.2 CPU 速度的影响	66
4.3 “ImageReq”数据结构	70
4.4 低级支持函数	97
4.5 继续数字化仪测试	107
4.6 小 结	112

第五章 图像控制和显示的高级数字化仪软件

5.1 数字化仪图象的质量	113
5.2 高级数字化仪软件的结构	115
5.3 通用图象程序	116
5.4 聚焦窗口程序	122
5.5 全分辨率图象程序	126
5.6 全颜色数字化图象程序	135
5.6.1 一般操作	164
5.6.2 颜色过滤器	166
5.6.3 限制	167
5.6.4 彩色图象获取	168
5.6.5 输出图象文件	169
5.7 小 结	172

第六章 图形文件的格式和功能

6.1 简 介	173
6.2 PCX / PCC 图形文件格式	174
6.2.1 PCX / PCC 文件头	202
6.2.2 PCX 文件调色板	205
6.2.3 运行限制长度 (RLL) 压缩数据	207
6.2.4 PCX 函数库	212
6.2.5 PCX 函数库的使用实例	212
6.2.6 丢失图象信息	218
6.3 TIFF 图形文件格式	219
6.3.1 简 介	219
6.3.2 TIFF 文件结构	220
6.3.3 TIFF 数据压缩	227
6.3.4 TIFF 等级	227
6.3.5 TIFF 函数库	229
6.4 View 示例程序	247
6.5 小 结	252

第七章 硬拷贝图象生成

7.1 简介	253
7.2 照相复制硬拷贝技术	253
7.3 打印机硬拷贝技术	254
7.3.1 阈值化 (Thresholding)	255
7.3.2 模式法 (Patterning)	256
7.3.3 高频振动法	258
7.4 屏幕打印程序	260
7.4.1 屏幕打印程序操作	278
7.5 小结	283

第二部分 经典图像处理技术

引 言	284
图象处理技术介绍	285

第八章 图象处理支持函数

8.1 引 言	287
8.2 小 结	300

第九章 点处理

9.1 引 言	301
9.2 直方图	316
9.3 查表	318
9.4 图象亮度	319
9.5 反相图象	322
9.6 阈值图象	324
9.7 对比度的延伸	325
9.8 伪彩色	328
9.9 小 结	330

第十章 区处理

10.1 引 言	332
10.2 区处理算法	332
10.3 小 结	347

第十一章 帧处理

11.1 引 言	348
11.2 小 结	363

第十二章 几何处理

12.1 引言	364
12.2 象素定位和插值法	374
12.3 长宽比的考虑	385
12.4 对图象定标和定范围	390
12.5 旋转	394
12.6 翻译	396
12.7 反射图象	397
12.8 小结	397

第三部分 附加信息

词汇表	398
-----------	-----

参考资料和附加读物	413
-----------------	-----

参考盘	414
-----------	-----

附录一 PC BIOS 功能调用总结	417
--------------------------	-----

附录二 Tag 图象文件格式规格说明修订版 5.0	428
---------------------------------	-----

附录 A 标记结构基本原理	452
---------------------	-----

附录 B 数据压缩-方法 2	453
----------------------	-----

附录 C 数据压缩 (方式 32773)“紧缩位”	455
---------------------------------	-----

附录 D (略)	456
----------------	-----

附录 E TIFF 标记的数值列表	457
-------------------------	-----

附录 F 数据压缩 (方法 5) LZW 压缩	460
-------------------------------	-----

附录 G TIFF 分类	468
--------------------	-----

附录 H 图象彩色度量信息	476
---------------------	-----

附录三 转换到其他 C 编译程序的指南	483
---------------------------	-----

前 言

图像获取和处理技术以前只能用工业化的方法实现，用于处理来自地球深层的图象信息，勘探地球资源，以及天文学、气象预报、工业自动检测和工业机器人等领域。现在图象处理技术早已超出了手工作业的时代，人们已经能够使用计算机的图形设备进行图象获取、操作、分析和显示。这里涉及到硬件问题，也涉及到理解和施用图象数据遵循的复杂算法的深刻数学基础。以前的代码是以未注释的 FORTRAN 语言编制的，因而研究起来较困难。

今非昔比，今天，个人计算机实现的桌面图像处理技术不仅是可能的，而且已经成为一门兴旺的工业。人们不再必须求助于大公司来处理图象。现在，人们能广泛地使用传真机、视频数字化仪、平面扫描仪、手动扫描仪、彩色扫描仪和高分辨图形适配器和低价数字化硬件，图象处理技术日益普及。以前仅能在大公司的实验室里进行的图象处理，现在能在个人机上实现。在现在的桌面印刷系统上更能体现“一幅图顶一千句话”的精神了。

由于图象和图形起着越来越重要的作用，因而，来自许多不同领域的人们开始涉及这一领域。电子工程师、图形艺术家以及计算机图形程序设计人员都要进行图象处理工作。这些领域的人们将把这项研究推进到更新更激动人心的境界。我们这本《C 语言实用图象处理技术》手册正是介绍这门技术。

为了促进图象技术革命，本书主要介绍一般人能进行的图象获取和处理技术。因而，主要采用最低廉的视频数字化仪输入设备。使用这种设备，可以将由最低廉的电视摄像机摄制的视频图象输进 PC 机进行显示和处理。这种视频数字化仪的硬件设计和配置是本书研究的一个主要内容。读者可以从中学习视频显示的基础知识，理解数字化仪的工作原理以及电视机的电视摄像机的工作原理。

本书第一部分先介绍硬件理论和设计，然后介绍必要的软件，从而使数字化仪产生不同分辨率的图象，由 PC 显示。还展示仅使用黑白电视摄像机产生的美丽彩色图象。同时列举实用示例程序以解释阐述的概念，并给出数字化仪产生的图象，展示它的能力。这些内容逐步深入，一步步引读者登堂入室。

数字化图象的作用是有限的。为了使其更有用，应该将其以一种格式表示出来，以便应用程序处理之。因此，单列一章介绍许多 PC 应用程序使用的 PCX 和 TIFF 图形文件格式。视频数字化仪产生的图象可以用这两种格式之一存贮，然后输入 Paintbrush 或桌面印刷程序，嵌入正文、报表之中。这一章详细介绍了图形文件格式，并提供读写这种格式的 C 代码。还适时给出文件格式的完整规格说明。最后，介绍了一个能以每种格式显示图象文件的察看 (View) 程序。

第七章介绍硬拷贝图象的产生，即将视频显示器上显示的图象打印在纸上。对照相技术和打印技术都作了介绍，并且列出了一个实例程序，使用两种常用打印算法在行式打印机上产生图象输出。

本书第二部分介绍经典的图象处理技术。这里介绍的是实用的技术，而不过多涉及生

硬的数学方法。每种主要的图象处理算法都提供了 C 代码示例以及所产生的图象。这些内容实用于机器视觉、自动检测、图象增强以及机器人等等。

软硬件需求

使用本书中的（以及伴随盘上提供的）代码必须先拥有下列软硬件支持：

- a. Turbo C 1.5版本以上的C编译器。别的C编译器也能使用，如这里介绍了Microsoft 编译器。
- b. 80×86汇编器，如Microsoft和IBM的MASM，或Borland的TASM。
- c. 带VGA图形适配器、彩色监视器和打印机端口的IBM兼容PC机。

注意，视频数字化仪没有作为必要的工具列出。本书中提供的代码在很大程度上是独立于输入设备的，不一定要要求有数字化仪。其中阐述的算法能处理手动扫描仪、平面扫描仪和大多数其它图形输入的数据。数字化仪只不过是图形输入数据的另一个来源。它提供低廉而低级的设备推进图象处理的广泛应用。

本书中的所有代码都在带 1MB RAM，VGA 图形适配器和串行、并行端口的 IBM PC2 Model60 和 70 上进行了广泛的测试。数字化仪图象获取过程在任何 IBM 兼容 PC 上，甚至在最原始的 4.77 MHz 8088 机器上都能工作。但是带 VGA 的 PC 才能显示图象。

本书要求读者有 Intel 处理器 80×86 家族汇编语言程序设计的一般知识，并有一些 C 语言编程经验。本章不打算详细讲解它们。所有代码都是文档化的，易于理解，甚至初学者也能理解。请注意这里更着重考虑代码的性能，而稍微放松可移植性要求。虽然 PC 的能力日益强大，仍不能充分满足图象处理要求的计算量。PC 机的威力越大，则图象处理越充分。

第一部分 视频数字化仪

第一部分先介绍硬件理论和设计，然后介绍必要的软件，从而使数字化仪产生不同分辨率的图象，由 PC 显示。还展示仅使用黑白电视摄像机产生的美丽彩色图象。同时列举实用示例程序以解释阐述的概念，并给出数字化仪产生的图象，展示它的能力。这些内容逐步深入，由浅入深。

数字化图象的作用是有限的。为了使其更有用，应该将其以一种格式表示出来，以便应用程序处理之。因此，单列一章介绍许多 PC 应用程序使用的 PCX 和 TIFF 图形文件格式。视频数字化仪产生的图象可以用这两种格式之一存贮，然后输入 Paintbrush 或桌面印刷程序，嵌入正文、报表之中。这一章详细介绍了图形文件格式，并提供读写这种格式的 C 代码。还适时给出文件格式的完整规格说明。最后，介绍了一个能以每种格式显示图象文件的察看 (View) 程序。

第七章介绍硬拷贝图象的产生，即将视频显示器上显示的图象打印在纸上。对照相技术和打印技术都作了介绍，并且列出了一个实例程序，使用两种常用打印算法在行式打印机上产生图象输出。

第一章 基础知识

内容提要

- .MSDOS 程序限制
- .Intel 80×86 处理器体系结构
- .PC 图形适配器的功能和限制
- .EGA/CGA 调色板、颜色和颜色寄存器操作
- .访问 VGA 图形适配器
- .PC 上打印机端口工作原理
- .处理内存段和内存模式
- .汇编语言程序和 C 代码之间的共享

1.1 介绍

任何新课题的学习，无论是图象处理，自动化或园艺学，就先要花时间理解本课题基于的基础概念。本章花一些篇幅讨论与图象获取和处理关系不大的内容，以便于将来理解图象技术。由于本书研究的是用 IBM PC 机（或兼容机）进行图象处理，所以先讨论硬件问题和用于代码生成的软件开发工具。正如前言中提到的，本书并不打算教授程序设计，因此仅讨论将要用到的程序设计语言特征，而不涉及全面的 C 和汇编语言程序设计。请参考“参考书和附加读物”学习这些方面的内容。

1.2 PC 硬件问题

1.2.1 CPU 问题

中央处理单元（CPU）是计算机系统的核心。所有计算都在 CPU 内进行。本书中术语 CPU，处理器（processor）和微处理器（microprocessor）都指的是这种处理单元。

Intel 80×86 系列处理器用于 IBM 和 IBM 兼容 PC。它们的性能从用于原始 PC 的 8088 到 80486“桌面主机”。它们都有共同的祖先—8086 处理器。新的处理器向后兼容上代的处理器。这意味着用 8088 编写的代码不用修改就能在 80486 处理器上运行，只不过是更快一点。然而，用新处理器的新模式编写的代码却不能在以前的处理器上执行。

代码兼容既是幸运又是不幸的。向后兼容的优点是过去的软件仍能在更新的 PC 上运行。然而兼容有时是不太好的。因为为低级处理器（如 8088 处理器）编写的应用程序不能充分利用新一代处理器的高级特性。就拿本书的编写为例。本书的正文是由原用于 PC 机 8088 处理器的 WordStar 老版本编写的。现在这个 WordStar 版本在 PS/2 Model 70 的 80386 处理器上运行。好处是软件不用修改就能运行。但是，尽管它运行速度快些，新处理器的性能却未能充分利用。例如在新处理器上运行时文档缓冲区

大小不能改变。

实模式 (“real mode”) 操作系统 PC DOS (PC DOS 和 MSDOS 在本书中同义) 是不能访问新处理器上的新特性的另一个原因。这个操作系统原来是为原始 PC 上的 8088/86 处理器开发的。MSDOS 运行时假定处理器是 8088 类型, 因而不能让新处理器以更有效的操作模式运行。现在有许多不同的 PC DOS / MSDOS 版本, 从最原始的 1.0 到最新的 5.0。各版本都作了许多改进。但是还没有一个版本试图以 “real mode” (8088/86 仿真模式) 操作之外的模式运行。

更新的操作系统, 如 UNIX, ALX 和 OS/2 等, 充分利用更先进处理器提供的有效操作方式。这些操作系统能为应用程序提供更多的特性和功能:

- a. 为多任务提供的硬件支持
- b. 错误隔离和调试的内存保护
- c. 为程序代码和数据提供的更大地址空间

不过, 为了广泛地普及, 本书中的程序都设计成能在最低级的 MSDOS 操作系统上运行。不仅限定处理器为 8088/86 操作方式, 而且对图象程序能访问的资源也有限制, 即:

- a. 应用程序能寻址的内存总容量为 640K 字节。这个限制很严。因为有些图象大小超过 300KB。
- b. 没有多任务机制。

而且没有使用克服这些限制的手段, 只是采用纯净的 MSDOS。MSDOS 所强制的 8088/86 处理器方式有下列特征:

- a. CPU 能以 64KB 段的方式访问 1 兆的内存。
- b. 有 4 个特殊的段寄存器用于管理段内存结构。它们是 DS 即数据段寄存器, CS 即代码段寄存器, SS 即栈段寄存器以及 ES 即附加段寄存器。
- c. 段从节边界开始, 一节的长度是 16 字节。节边界是能被 16 整除的任一地址。
- d. 用于标识内存地址的标志是段: 偏移量。段指示内存中一区域的开始, 偏移量表示从段开始地址到感兴趣的地址处的距离。由于段可以相互覆盖, 所以每个内存位置都可以用多个段: 偏移量对标识。换句话说, 每个段: 偏移量指定唯一的内存位置; 别的段: 偏移量能指定同一个位置。由于偏移量是 16 位的, 所以段的最大长度为 64KB。
- e. 所有 4 个段寄存器可以指向内存同一区域。Turbo C 的微 (tiny) 内存方式就是这样 (下面要讲)。

图 1.1 8086/88 处理器寄存器方式

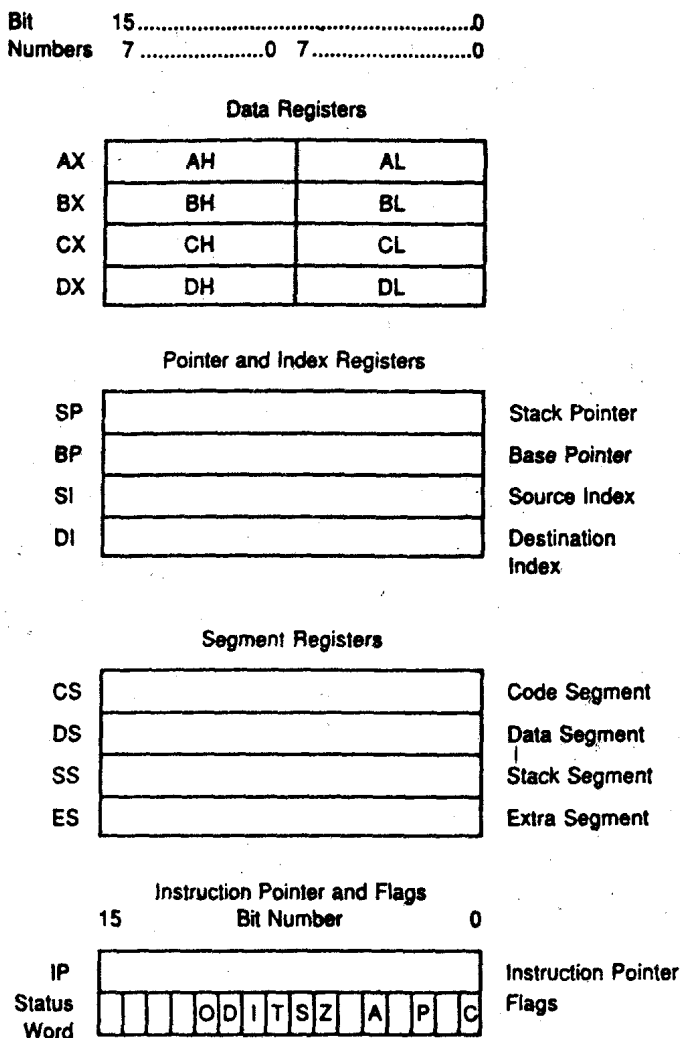


图 1.1 给出 CPU 寄存器的程序员方式。

实际上, Intel 处理器的段式结构(运行于实方式时)并不能很好适合于图形图象处理。有些数字化仪产生的图象要占用更多的内存空间,一个数据段放不下。需要有额外的代码跨段边界访问数据。这种额外的代码降低了 Intel 处理器的性能。

图象处理是数据计算量很大的活动。计算机的功能愈强，图象处理效果愈好。本书中开发的程序在 8088, 4.77MHz 的原始 PC 上运行。在 20MHz 80386 处理器上运行会更快。

1.2.2 PC 图形适配器

介绍

图形适配器是 PC 内部的硬件电路，它使 PC 具有显示除正文之外的图形图象的能力。图形图象内一系列点和线组成，能出现在显示器的任何地方。图形使程序员克服正文操作方式的限制。图形适配器指的是可以得到正文和图形两种操作方式。在工业中，显示

适配器仅指正文方式。本书中这两词同义，均指显示正文和图形的能力。

IBM PC 及其兼容机的图形显示能力逐年稳步增强。第一个图形显示适配器，彩色图形适配器 (CGA) 能以四种颜色显示 320×200 像素的屏幕，或者以两种颜色显示 640×200 的屏幕。当前的视频图形阵列 (VGA) 显示技术能支持 16 种颜色的 640×480 屏幕分辨率，或者 256 种颜色的 320×200 分辨率。图形显示技术受下列因素推进发展：

- a. 硬件价格下降 (特别是 DRAM 内存芯片)
- b. 图形用户界面 (GUI) 的需要
- c. 图象和桌面印刷应用的需要

向高分辨率和高性能的图形硬件发展是势不可挡的。IBM 研制的 VGA 到 90 年代中期能达 1024×1024 分辨率。在 IBM 及其兼容机世界，有八个显示适配器标准：

- a. MDA (Monochrome Display Adapter)
- b. HGA (Hercules® Graphics Adapter)
- c. CGA (Color Display Adapter)
- d. The display adapter in the IBM PC Jr.
- e. EGA (Enhanced Graphic Adapter)
- f. MCGA (Multi Color Graphics Array), which is available on the Model 25 and 30 IBM PS/2 computers
- g. VGA (Video Graphics Array), which is available on the Model 50, 55, 60, 70, and 80 PS/2® computers
- h. 8514/A adapter card and IBM 8514 monitor

方式和分辨率

图象显示需要对于图形适配器功能的最低限度。象 CGA 图形适配器提供的固定、四颜色屏幕不能提供图象处理能够容忍的性能。问题是什么是图象显示可接受的最低图形适配器功能呢？图 1.2 列出大多数显示适配器的图形功能，帮助你作出决策。

本书中的图象分为两种：连续图象和彩色图象。连续图象以 16 或 64 灰度级的 320×200 分辨率显示，或者以 16 灰度级的 640×200 分辨率显示，或者以 16 灰度级的 640×480 分辨率显示。彩色图象则仅以 256 种颜色的 320×200 分辨率显示。

图 1.2 显示适配器图形功能

Resolution	Colors	C G A	P C J r	E G A	M C G A	V G A
1. 320 by 200	4	.	.	.	.	.
2. 640 by 200	2	.	.	.	.	.
3. 160 by 200	16		.			.
4. 320 by 200	16		.	.		.
5. 320 by 200	256				.	.
6. 640 by 200	4		.			.
7. 640 by 200	16			.		.
8. 640 by 350	2			.		.
9. 640 by 350	4			.		.
10. 640 by 350	16			.		.
11. 640 by 480	2				.	.
12. 640 by 480	16					.
13. Configurable Palette			.	.	.	.
14. Configurable Color Registers					.	.

要显示多灰度或颜色的图象，需要调色板和颜色寄存器。要达到恰当的颜色平衡和真实效果，需要直接设置颜色寄存器的 RGB 成分。尽管 EGA 提供 16 种颜色，但由于它没有可设置的颜色寄存器，限制了它在图象处理中的应用。

可接受的图象显示需要的最低图形适配器功能现在已很清楚了。VGA 能满足本书要求的所有图象处理要求。因此本书中的图形程序都假定有 VGA 适配器。为了充分利用本书中的程序，需要一个 VGA 适配器。本书不支持别的图形显示适配器。

注意

VGA 是图象处理的最低要求。低于 VGA 功能的不能产生满意的结果。胜于 VGA 的当然更理想。

VGA 适配器是 PS/2 Models 以上机器上的标准设备。而且 IBM 及其它生产商能将 VGA 作为图形片插入老式 PC 中。因此要在 PC 和 PC 兼容机上进行图象处理，先要研究 VGA 适配器和监视器。

本书使用 PC 的 BIOS (基本输入/输出系统) 提供的标准 VGA 方式和分辨率。对 VGA 的访问都是通过 Turbo C 的图形库，但 256 颜色 320×200 方式例外。这种模式由汇编语言和 C 函数支持，由于 Turbo C 的开发者的 Borland 不支持这种图形方式。IBM VGA 硬件能够支持许多“非标准”操作方式，包括 256 颜色的直到 360×480 的分辨率。Turbo C 的图形过程下面将要讲到。

调色板

在词典里，调色板被定义为带柄的薄板，画家用之调制颜色。也表示这种板上的一组

颜色。在计算机图形词汇中，调色板是在彩色监视器上能同时显示的颜色集合。不同的图形适配器使用不同的机制在监视器上显示颜色。图 1.3, 1.4 和图 1.5 分别表示三种安排。下面分别讨论。

图 1.3 EGA 调色板配置

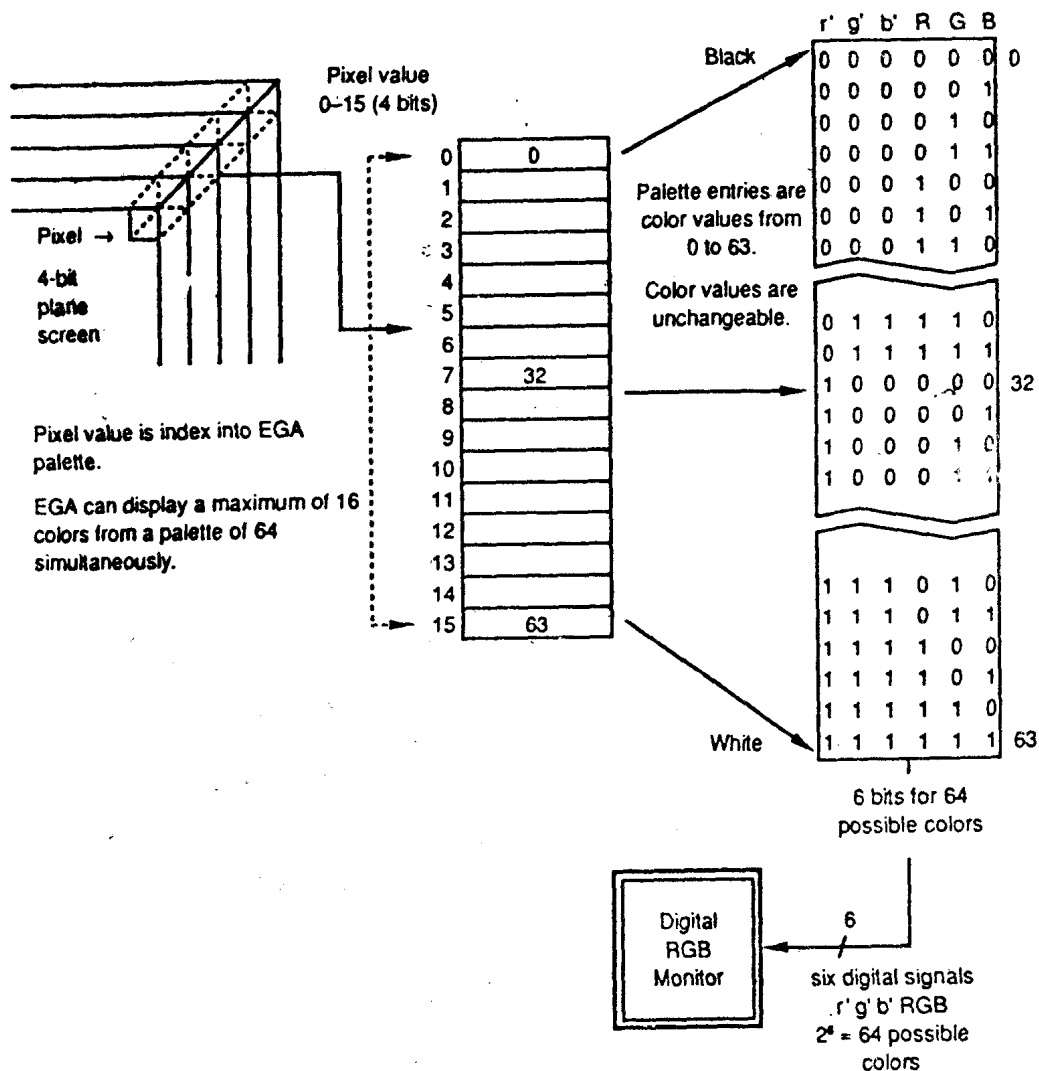
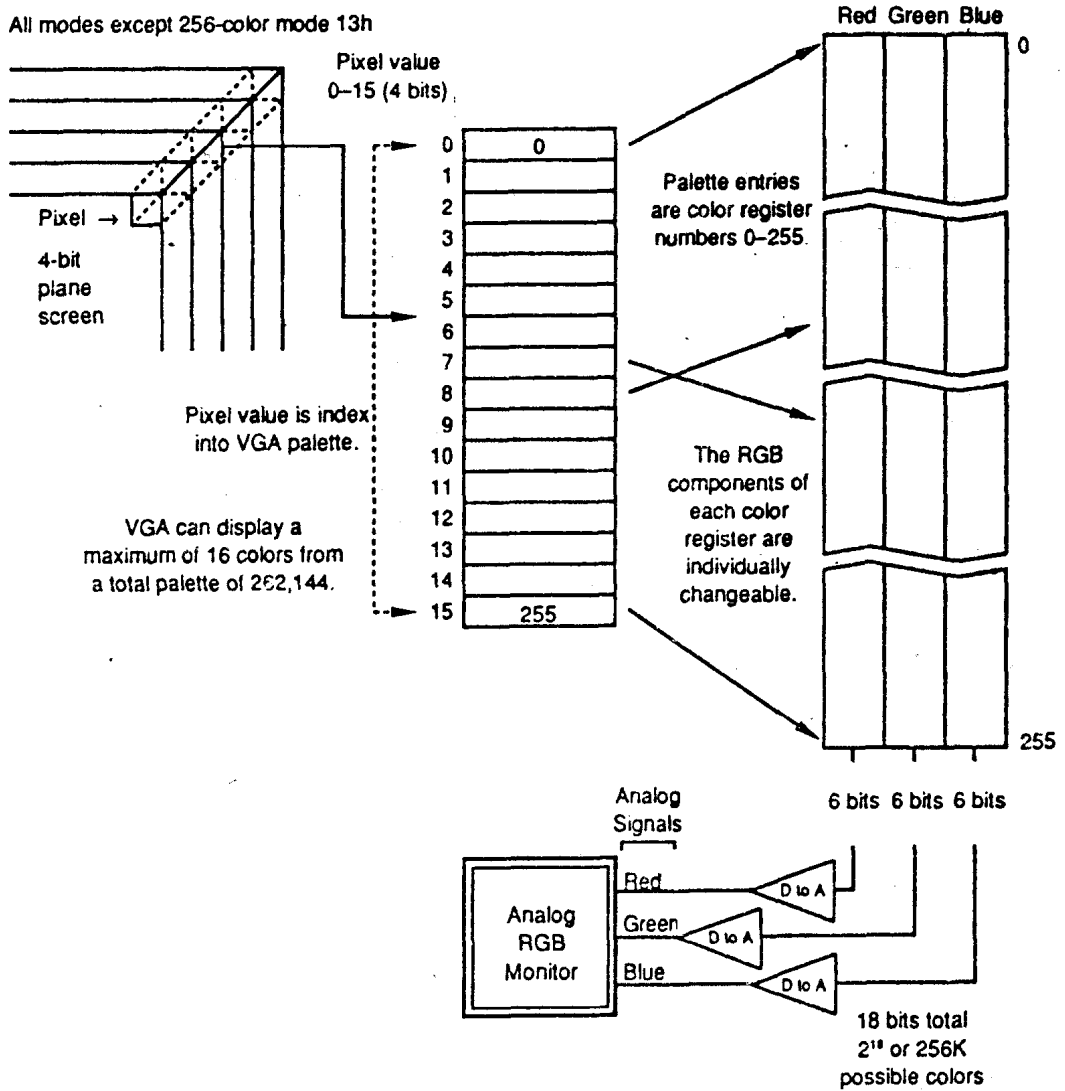


图 1.4 VGA 调色板配置



Note

1. D to A is digital to analog converter.