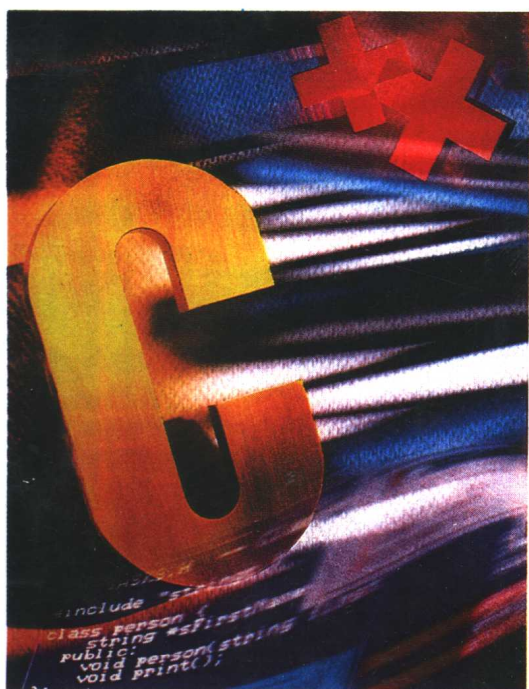


计算机图形与图像丛书

高级 C++ 图形/图像编程技术

马启文 编



学苑出版社

计算机图形与图像丛书

高级 C++ 图形/图像编程技术

马启文 编写
滕庭熊 审校

学苑出版社

1994

(京)新登字 151 号

内 容 提 要

本书的重点放置在“教”上面,是一本名符其实的 C++ 图形编程高级教科书,它具有很好的可读性,理解性和测试性。它提供给读者众多的开发世界级图形软件所需的信息,本书的前面部分涉及图形硬件和 C++ 软件的一些基础问题,从第五章开始涉及 2-D 图形编程、桌面排版编程、3-D 图形/图像编程和动画系统程序设计等方面的诸多编程技巧及相关问题的答案。

本书对于图形软件开发项目的工程师、科学家、系统分析员、程序员和管理人员都有很好的参考价值,并且既适合于初学者,也适合于中级和高级编程人员。

本书也可作为培训教材的辅导参考资料及高年级大学生和研究生的辅助教材。

需要本书的读者,请直接与北京 8721 信箱联系,邮码:100080,电话:2562329

计算机图形与图像丛书
高级 C++ 图形/图像编程技术

编 写:马启文
审 校:滕庭熊
责任编辑:徐建军
出版发行:学苑出版社 邮政编码:100032
社 址:北京市西城区成方街 33 号
印 刷:常熟教育印刷二厂
开 本:787×1092 1/16
印 张:23.75 字数:550 千字
印 数:1—10000 册
版 次:1994 年 1 月第 1 版第 1 次
ISBN7-5077-0884-5/TP·26
本册定价:31.00 元

学苑版图书印、装错误可随时退换。

前 言

第四代软件系统和面向对象程序设计(OOP)方法的出现给世界软件市场注入了充满活力和生机的血液,而在个人计算机上开发的图形应用软件将是这个软件市场上最具活力的产品组成部分,工业系统分析员甚至认为整个 90 年代将是图形应用的十年。

计算机图形编程是由各种科目组成的,诸如 3-D 模型处理和表现处理、模拟和动画、影像分析和修饰、计算机观测和影像处理、形态化和中间化、桌面排版、娱乐和游戏、学习和指导等等。

计算机图形增强我们解决复杂的问题、了解广泛的数据和表达创造性思想的能力。计算机图形正在改变视觉艺术和设计、工程化和体系结构、工业设计和生产、数学和医学、物理学和生物学、以及娱乐活动和广告等方面的手段和方法。

本书将帮助读者扩展 C++ 编程技巧,从而大大提高了个人计算机开发图形软件的能力。若读者希望开发用于商业、科学、医学、工程或设计领域的各种图形应用程序,或者希望编写用于表演和娱乐市场的图形软件,本书将会帮助你达到成功。

本书共分七章编写,第一章到第四章主要涉及图形硬件和 C++ 软件的一些基础问题,从第五章开始直到第七章,以及所有的附录涉及到 2-D 图形编程、桌面排版系统编程、3-D 图形/图像编程和动画系统的程序设计等方面的诸多编程技巧及相关问题的答案。本书提供的各种系统程序和类库的源代码,共达到 1 兆字节左右的容量和 14000 行的长度。这些代码得到大量绘图和屏幕图像的支持,且附带有便于学习的文本(正文)。

本书的示范程序都是使用下列版本的 C++ 软件进行编译、链接和运行的: Turbo C++ 1.2 版、Borland C++ 2.0 版、Zortech C++ 2.12 版以及 Microsoft C++。

编者 1993 年 12 月 30 日

目 录

第一章 图形编程的硬件注释	(1)
1.1 PC 机的 CPU 问题	(1)
1.1.1 8088 和 8086	(2)
1.1.2 80286	(2)
1.1.3 80386	(2)
1.1.4 80486	(2)
1.1.5 Pentium(P5)	(3)
1.2 PC 机的视频显示适配器	(3)
1.2.1 CGA	(3)
1.2.2 EGA	(4)
1.2.3 MCGA	(5)
1.2.4 VGA	(5)
1.2.5 扩展视频模式.....	(9)
1.2.6 双显示系统.....	(9)
第二章 C++ 编程语言基本要素回顾	(11)
2.1 面向对象的编程语言.....	(11)
2.2 C++ 及 Borland C++ 概述	(12)
2.2.1 C++ 对 C 的扩充	(12)
2.2.2 利用 C++ 建立程序.....	(20)
2.2.3 C++ 图形程序的基本部分	(20)
2.2.4 一个示例程序:STARTUP.CPP	(21)
2.2.5 STARTUP.CPP 的程序员指南	(32)
2.2.6 LIB2D.HPP 的程序员指南	(34)
2.2.7 LIB2D.CPP 的程序员指南	(35)
2.2.8 扩充类库.....	(38)
第三章 图形相关设备的编程	(39)
3.1 鼠标设备的编程	(39)
3.1.1 软件驱动程序.....	(39)
3.1.2 程序设计基础.....	(40)
3.1.3 一个示例程序:CLICK.CPP	(41)
3.1.4 CLICK.CPP 的程序员指南	(50)
3.1.5 MOUSE.HPP 的程序员指南	(52)
3.1.6 MOUSE.CPP 的程序员指南	(53)
3.1.7 无故障鼠标器编程的暗示.....	(54)
3.2 键盘和磁盘的编程.....	(54)
3.2.1 键盘的程序设计.....	(54)
3.2.2 磁盘的程序设计.....	(55)

3.2.3	一个示例程序:BLOCK.CPP	(56)
3.2.4	BLOCK.CPP 的程序员指南	(60)
3.2.5	BITBLT.HPP 的程序员指南	(70)
3.2.6	BITBLT.CPP 的程序员指南	(70)
第四章	BGI 简介	(73)
4.1	BGI 初步	(73)
4.1.1	BGI 的初始化	(73)
4.1.2	基本的 BGI 程序及其组成	(74)
4.1.3	坐标系统	(74)
4.2	绘图命令和绘图函数	(75)
4.2.1	象素函数	(75)
4.2.2	图形函数	(76)
4.2.3	填充技术	(81)
4.2.4	BGI 正文和字形	(84)
第五章	2-D(两维)图形应用的编程	(88)
5.1	交互式 GUI 菜单系统	(88)
5.1.1	一个示例程序:GUI.CPP	(88)
5.1.2	GUI.CPP 的程序员指南	(91)
5.2	交互式描绘图形	(112)
5.2.1	一个示例程序:SKETCH.CPP	(112)
5.2.2	SKETCH.CPP 的程序员指南	(118)
5.3	交互式桌面排版系统	(138)
5.3.1	页面设计组成	(138)
5.3.2	一个示例程序:DESKTOP.CPP	(140)
5.3.3	DESKTOP.CPP 的程序员指南	(143)
5.3.4	PUBLISH.HPP 的程序员指南	(145)
5.3.5	PUBLISH.CPP 的程序员指南	(146)
第六章	3-D(三维)图形应用程序	(156)
6.1	3-D 图像的编程概念	(156)
6.1.1	三维几何学	(156)
6.1.2	用户输入	(157)
6.1.3	曲面(Curved Surface)	(157)
6.1.4	欧拉(Euler)操作	(158)
6.1.5	坐标系统	(158)
6.1.6	编写 3-D 图形软件	(158)
6.1.7	建立和处理 3-D 模型	(159)
6.1.8	3-D 模型的部件	(162)
6.1.9	造型公式	(162)
6.1.10	粉刷(Readering)方法	(163)
6.1.11	隐藏面迁移技术	(163)

6.1.12	偏航、滚转和俯仰	(164)
6.1.13	光源	(164)
6.1.14	照明	(164)
6.1.15	表面映像和结构映像	(165)
6.1.16	操作模型	(165)
6.1.17	C++的 3-D 类	(165)
6.1.18	LIB3D.HPP 的程序员指南	(165)
6.1.19	LIB3D.CPP 的程序员指南	(165)
6.2	交互式 3-D 图形	(167)
6.2.1	一个示例程序:OBJECTS.CPP	(167)
6.2.2	OBJECTS.CPP 的程序员指南	(170)
第七章	动画系统的程序设计	(185)
7.1	动画系统的编程	(185)
7.1.1	动画的类别	(185)
7.1.2	帧动画的原理	(186)
7.1.3	选择图形方式	(186)
7.1.4	基本 RAM 的帧动画	(187)
7.1.5	基本磁盘的帧动画	(187)
7.1.6	bitblt(块图形)动画的原理	(187)
7.1.7	实时动画的原理	(188)
7.1.8	动画技术的优缺点	(189)
7.1.9	交互的动画概念	(189)
7.1.10	C++用于动画编程的优点	(189)
7.1.11	一个示例程序:BOUNCE.CPP	(189)
7.1.12	BOUNCE.CPP 的程序员指南	(192)
7.1.13	BLITTER.HPP 的程序员指南	(194)
7.1.14	BLITTER.CPP 的程序员指南	(195)
7.2	显示动画	(204)
7.2.1	步程循环	(204)
7.2.2	关键帧和中间化	(205)
7.2.3	专业上的观点	(205)
7.2.4	计算机算法	(206)
7.2.5	一个示例程序:STRIDES.CPP	(206)
7.2.6	STRIDES.CPP 的程序员指南	(207)
7.3	Cel 动画	(219)
7.3.1	关键帧(Keyframes)	(219)
7.3.2	一个示例程序:CEL.CPP	(220)
7.3.3	CEL.CPP 的程序员指南	(223)
7.4	动态动画	(236)
7.4.1	利用几何学来研究运动	(236)

7.4.2	碰撞检测	(238)
7.4.3	一个示例程序:HIT.CPP	(239)
7.4.4	HIT.CPP 的程序员指南.....	(240)
7.4.5	KINETIC.HPP 的程序员指南	(242)
7.4.6	KINETIC.CPP 的程序员指南	(242)
附录 A.	用 Turbo C++ 编译示例程序	(253)
附录 B.	用 Borland C++ 编译示例程序.....	(258)
附录 C.	用 Zortech C++ 编译示例程序.....	(263)
附录 D.	用 Microsoft C++ 编译示例程序	(267)
附录 E.	类库的源代码	(268)
附录 F.	使用其它的图形库	(362)
附录 G.	捕获运行时错误:一个指导.....	(369)

第一章 图形编程的硬件注释

首先,我们要指出,本书中所论及的图形/图像概念是广义性的,既包括 Graphics(图形)、Animation(动画)、Visual Image(静态图像),也包括 Video Image(视频图像或动态图像)。

文字、声音、图形/图像是人类社会中表达信息和传递信息的三种最自然的方式,其中的图形/图像可能又是最易理解的形式,因为人类具有相当敏锐的直观辨别力,虽然当我们观察图形时,不一定能极其深入细致地观察所看到的全部东西,但也足以使我们完全理解它们所代表的意义。所以无论从哪一方面来讲,计算机图形学都是一种处理信息的强有力工具。不仅如此,计算机图形学还允许人们通过计算机来直观地理解事物,而不是经过深入思考后再去理解。

由计算机来获取、处理、设计和建立图形,当然离不开计算机硬件和软件的配合、协调及开发本书的中心内容是介绍利用第四代软件系统——面向对象的编程语言 C++ 来设计和建立图形程序。但仍有必要在一开始就扼要介绍一些相关的硬件问题。本章的内容就是担负起这个使命的。

1.1 PC 机的 CPU 问题

由于本书中所研究的编程技术是在 IBM PC 机及其兼容机上实现的,所以就讨论 PC 机的 CPU。CPU 是中央处理 Unit 的英文缩写,它是计算机系统的核心,所有程序计算都在 CPU 内进行。

PC 机中的 CPU 基本上都由 Intel 80X86 系列微处理器所组成,其性能范围从第一代的 8088 覆盖到现代的桌面主机 80486。新的处理器都是向后兼容上代处理器,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。然而,用新处理器的新模式编写的代码则不能在以前的处理器上执行。但是,这种向后兼容性并不十分理想,原因很简单,为低级处理器(诸如 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。

基于 80X86 的 PC 机主要运行实址模式(real mode)的操作系统 PC-DOS(或 MS-DOS),所以就无法访问新处理器上的新特性和新能力。目前已存在许多不同的 DOS 版本,包括原始的 1.0 版到最新的 5.0 版和 6.0 版,新版本都比老版本作了很多改进,但仍未摆脱 real mode 操作模式的范畴。

幸运的是,还存在许多更高级的操作系统,诸如 AT&T 和 SCO 公司的 UNIX 系统,IBM 的 AIX 和 OS/2,Microsoft 公司的 Windows 及 Windows/NT 等。这些操作系统充分利用更先进处理器提供的有效操作方式,并能为应用程序提供更多的特性和功能:

- 为多任务提供硬件支持;
- 错误隔离和调试的内存保护;
- 为程序代码和数据提供更大的地址空间。

图形/图像处理属于数据计算工作量很大的活动,所以计算机的功能越强,图像处理效果也越好,一般希望使用 80386 以上的机种来获取、加工和处理图形/图像信息。

CPU 通过执行一系列的计算、数据转换和数字比较来执行程序,并控制计算机的所有基本操作。各种类型的数据通过总线(信号通道)送到 CPU,总线又将 CPU 连接到各种输入/输出(I/O)端口,这些 I/O 端口用于连接存贮器和支持芯片,通过总线连接到 CPU。

下面简单描述 Intel 80X86 CPU 的特点。

1.1.1 8088 和 8086

8086 CPU(微处理器)是一个具有 16 位数据总线和 20 位地址总线的 16 位微处理器,它包含有 14 个寄存器,用来传输数据、存贮数据、存贮地址、设置状态和控制标志以及指令指针等。8086 可以寻址 1M 字节的内存空间。

8088 CPU 是一个具有 8 位数据总线和 20 位地址总线的准 16 位微处理器,除了数据总线之外,在所有的其它方面,尤其是编程目标方面,8088 和 8086 完全一致。

8088/8086 的主频可以达到 4.77MHz、8MHz 和 10MHz。早期的 IBM PC、PC/XT、PCjr 及兼容机均采用这种 CPU。

1.1.2 80286

80286 CPU 是用于 IBM AT(及其兼容机)和 PS/2 model 50 或 60 中的 16 位微处理器,向后兼容于 8086 或 8088。增加到 80286 上的最重要特征是其多任务能力,即在同时执行几个任务的能力。80286 通过在两个任务之间切换处理来实现这一目标,多任务能力的具体例子,是在打印一个文件时编辑另一个文件。

80286 CPU 可以按两种方式操作,第一种方式称为实址方式,它让 80286 像 8086 一样进行工作;第二种方式称为保护方式,它保留了一个事先决定的用于程序执行的存贮空间,这个存贮空间防止被其他任何程序所使用。多任务能力就是工作在保护方式下。通过保护方式下,几个程序可以同时运行且互不影响。

80286 的主频有下列几个档次:6MHz,12MHz 及 16MHz。

1.1.3 80386

80386 CPU 是用于 PS/2 model 80 及高档微机中的 32 位微处理器,它含有 32 位寄存器,32 位地址总线和 32 位数据总线,可寻址 4G(2^{32})字节的物理地址空间及 4T(2^{64})字节的虚拟地址空间,虽然,80386 支持 8086 的功能和 80286 保护存贮器方式,但它提供了比前述任何 CPU 都方便的存贮器管理功能,并支持多任务、流水线结构、地址转换、高速缓存和高速总线接口等。此外,80386 微处理器还具有可任选的页面调度方式或动态数据总线长度方式,使 80386 适合于各种系统设计和用户应用。

80386 CPU 分成 80386SX(主频 16MHz、20MHz、25MHz 或 33MHz)、80386DX(主频 25MHz、33MHz 和 40MHz)和 80386 SL(主频 16MHz、20MHz、25MHz)三类,其中 80386SX 作为 80286 的替代品,80386SL 用于便携式微机、而 80386DX 才适用于超级微型机。

1.1.4 80486

80486 CPU 是目前市场上 80X86 系列中最高档的 32 位产品,它提供了许多最新的技术,包括集成一个增强的 80386 微处理器和一个 80387 数学协处理器,并包含一个复杂的高速缓冲存贮器控制器及一个 8K 字节高速缓冲存贮器。80486 CPU 的集成度已达到 120 万个晶体

管,而处理速度高达 17 MIPS(每秒百万条指令)

80486 CPU 分类成 80486-SX, 80486-DX, 80486-DX-2 等,主频有 25MHz、33MHz、50MHz 及 66MHz 几个档次。

80486 主要用于超级微型机、CAD/CAM/CASE 工作站和网络服务器。

1.1.5 Pentium(P5)

Pentium 是 intel 公司最新一代 64 位兼容处理器,又称为 P5 处理器。Pentium 不仅是 CISC 技术(复杂指令集计算机)的最高表现,而且充分结合了 RISC(简化指令集计算机)技术的特点。它采用超标量式结构,使每个时钟周期能同时执行两条指令,从而使处理速度高达 100MIPS。

P5 的集成度已达到 300 多万个晶体管,因此可在 CPU 上集成数学协处理器和高速缓冲存储器,大大减小了存取时间。Pentium 含有程序代码及数据回写高速缓冲存储器,可分别存储 8KB 的文件,减少争用高速缓冲存储器的现象。此外,P5 还设有分支目标缓冲存储器(BTB),可预测软件将使用的分支线索,大大提高了性能。

Pentium 采用 64 位的数据总线,并设置有猝发式读写方式,可高速传输数据。同时又设有自动数据完整校验,确保数据传输的正确性。

Pentium 的主频是 66MHz

1.2 PC 机的视频显示适配器

视频显示系统是图形编程中十分关键的硬件环节,计算机系统通过这个环节产生和建立所需要的屏幕图像。显示系统的主要部件是一块图形适配器卡,它是一块专门的视频线路板,可插到 PC 机及兼容机的系统扩充槽中。

适配器卡含有一个专用存储器,使用它来保存显示信息。视频子系统将显示信息转换成视频显示的驱动信号。为 PC 机及兼容机设计的适配器包括单色显示适配器(MDA)、彩色图形适配器(CGA)、增强图形适配器(EGA)、多彩色图形阵列(MCGA)和视频图形阵列(VGA)、超级视频图形阵列(SVGA 和 TVGA)等。下面将分别予以简单描述。

1.2.1 CGA

CGA 是低档次的图形适配器,广泛用于早期 PC 机及目前的家用计算机。当前的大多数 DOS 应用软件均与 CGA 兼容。CGA 以及所有的视频子系统都能用两种模式的任一种进行操作,第一种模式支持文本,第二种模式支持图形。

图形方式可选择几种分辨率,由 CGA 监视器支持的选择有两种方式:高分辨率_HRESBW 方式和中分辨率_MRES4COLOR、_MRESNOCOLOR 方式。其中高分辨率方式的分辨率是 640×200 像素;中分辨率方式的分辨率是 320×200 像素。

在_HRESBW 方式下,仅使用两类颜色,即前景和背景颜色。背景色可用_Setbkcolor 函数来加以改变。在_MRES4COLOR 方式下,彩色监视器可显示 4 类颜色,第一类颜色是背景颜色,可以从预定义的 16 种颜色调色板中任选一种,表 1.1 列出在_MRES4COLOR 方式中有效的调色板。其它三类颜色由一个表格进行定义。所希望的调色板由_Selectpalette 函数选择。

表 1-1 _MRES4COLOR 方式中的调色板

调色板号	颜色 0	颜色 1	颜色 2	颜色 3
0	可选	绿	红	棕
1	可选	青	品红	浅灰
2	可选	浅绿	浅红	黄
3	可选	浅青	浅红	白

_MRESNOCOLOR 方式是为单色显示器而设计的,但也能用于彩色显示器。当用于单色显示器时,可显示灰度级;当用于彩色显示器时,表 1.2 列出其有效的调色板。

表 1-2 _MRES4COLOR 方式的 CGA 调色板

调色板号	颜色 0	颜色 1	颜色 2	颜色 3
0	可选	兰	红	浅灰
1	可选	浅兰	浅红	白

1.2.2 EGA

增强图形适配器(EGA)支持全部的 CGA 图形和文本方式。然而,在 _MRESNOCOLOR 方式中,其彩色调色板将不同于 CGA,正如表 1.3 所示。

表 1-3 _MRESNOCOLOR 方式下的 EGA 调色板

调色板号	颜色 0	颜色 1	颜色 2	颜色 3
0	可选	绿	红	浅灰
1	可选	浅绿	浅红	黄
2	可选	浅深兰	浅红	黄

EGA 除支持 CGA 图形方式外,EGA 还增加了如下四种图形方式:

- _MRES16COLOR
- _HRES16COLOR
- _ERESNOCOLOR
- _ERESCOLOR

其中,_ERESNOCOLOR 方式仅有两类颜色(前景和背景),其分辨率可达到 640×350 像素。而 _ERESCOLOR 方式却可选用表 1.4 所列出的 16 种颜色,并具有 640×350 的屏幕分辨率。_MRES16COLOR 方式也可选用表 1.4 中的 16 种颜色,此时的屏幕分辨率被限于 320×200。同样,_HRES16COLOR 方式也可选用表 1.4 中的各种颜色,但其屏幕分辨率则被限于 640×200。

表 1.4 16 种颜色的缺省调色板

象素号	颜色
0	黑
1	兰
2	绿
3	青
4	红
5	品红
6	棕
7	白
8	暗灰
9	浅兰
10	浅绿
11	浅青
12	浅红
13	浅品红
14	黄
15	亮白

1.2.3 MCGA

多彩色图形阵列(MCGA)主要使用在基于 8086 的 IBM PS/2 计算机中。MCGA 是 CGA 的扩充,它支持全部的 CGA 方式,除此之外,它还支持 640×480 分辨率的两种颜色方式(_VRES2COLOR)以及 320×200 分辨率的 256 种颜色方式(_MRES256COLOR)。
_MRES256COLOR 方式能支持表 1.4 中 16 种颜色的可变灰度级。

1.2.4 VGA

VGA(视频图形阵列)是英文名称 Video Graphics Array 的缩写,原先是 IBM 公司为 PS/2 系列推出的一种新的视频标准,当前 VGA 已成为 286、386、486 PC 机及其兼容机的视频标准,被广大图形设计用户所接受和欢迎。所以这里将重点介绍 VGA 视频标准。

为了使应用软件视频接口标准化,IBM 定义了一组关于 VGA 的标准操作模式,其中有一部份是从 MDA 和 CGA 发展而来。表 1-5 列出这些标准操作模式。

(1)模式 0 与 1(彩色文本)

VGA 卡对于模式 0 与 1 的操作功能是等同的。模式 0 和 1 可以使 8×8 象素的字符单元,以 40 列×25 行的文本屏幕格式在彩色显示器、增强型彩色显示器、VGA 显示器及某些多频显示器上显示出来。

模式 0 与 1 源自 CGA 图形适配器,并且也是文本模式,它们分别表示 40×25 文本方式的两种颜色和四种颜色,字符单元均以 8×8 象素表示。此时,CGA 与 VGA 并不完全兼容,即并不是所有的 CGA 软件都能在这些模式上正常运行。

一般来说,软件使用 BIOS 视频服务,并避免对视频适配器上任何 I/O 寄存器进行直接访

问,其运行不会出现问题。CPU 对显示内存直接访问将不会影响软件的兼容性。

表 1-5 标准 IBM 视频模式

模 式	类 型	列×行	彩色数	字符单元	映象地址	显示页数
0,1	文本	40×25	16	8×8	B800	8
0*,1*	文本	40×25	16	8×14	B800	8
0+,1+	文本	40×25	16	9×16	B800	8
2,3	文本	80×25	16	8×8	B800	8
2*,3*	文本	80×26	16	8×14	B800	8
2+,3+	文本	80×25	16	8×16	B800	8
4,5	图形	320×200	4	8×8	B800	1
6	图形	640×200	2	8×8	B800	1
7	文本	80×25	2	9×14	B800	8
7+	文本	80×25	2	9×16	B800	8
D	图形	320×200	16	8×8	A000	8
E	图形	640×200	16	8×8	A000	4
F	图形	640×200	2	8×14	A000	2
10	图形	640×350	16	8×14	A000	2
11	图形	640×480	2	8×16	A000	1
12	图形	640×480	16	8×16	A000	1
13	图形	320×200	256	8×8	A000	1

在模式 0 和 1 中,VGA 支持 16 种颜色。主要由 8 种标准显示彩色和 8 种亮度彩色所组成。对于每个字符的彩色和它的背景底色是可以独立编程的。表 1-6 列举标准彩色文本属性。

表 1-6 标准彩色属性

属 性	标准彩色	亮度颜色
000	黑	灰
001	兰	淡兰
010	绿	淡绿
011	青	淡青
100	红	淡红
101	紫	淡紫
110	褐	黄
111	灰	白

(2)模式 0* 和 1* (彩色文本)

模式 0* 和 1* 是模式 0 和 1 的增强版本。这两种模式显示的字符单元为 8×14 象素,因此要求显示器分辨率为 320×350,同时,为两种模式所要求的显示器不能是标准的彩色显示器,而必须是增强型彩显、多频显示器或 VGA 显示器。

模式 0* 和 1* 同样也支持 8 个显示页,其内存起始地址相同于模式 0 和 1。并且也支持 16 种颜色。

(3)模式 2 和 3(彩色文本)

模式 2 和 3 在 VGA 卡上具有等同功能。它以 80×25 的文本模式在彩显、增强型彩显、VGA 显示器及某些多频显示器上显示 8×8 字符单元。在这两种模式中,VGA 支持 8 个显示页及 16 种颜色,其彩色文本属性参见表 1-6。

(4)模式 2* 和 3* (彩色文本)

模式 2* 和 3* 是模式 2 和 3 的增强型版本。它显示的字符单元为 8×14 象素,因此该模式同样要求显示器的分辨率为 320×350,并只能用于增强型彩显、VGA 显示器及多频显示器上。这两种模式提供了比模式 2 和 3 更为清晰的字符显示。但它们与 CGA 的兼容性比不上模式 2 和 3。模式 2* 和 3* 的模式 2、3 具有同样的内存显示页及彩色显示数,其调用方式不变。

(5)模式 4 和 5(四色图形 320×200)

模式 4 和 5 由 CGA 适配器发展而成。VGA 中模式 4、5 和 CGA 中模式 4、5 是相同的图形模式,显示分辨率为 320×200 象素,并支持四种颜色。这些模式可适用于彩显、增强型彩显、多频显示器或 VGA 显示器。

类似于 CGA 模式,模式 4 和 5 对于 VGA 也不完全兼容的。对于直接写入 CGA 的 I/O 寄存器的软件,在 VGA 上其软件功能则不一样。若使用 BIOS 来调用寄存器的软件,则使一般的软件都能正常运行。

模式 4 和 5 中仅有一个内存显示页,其起始地址是 B800:000,它能显示四种标准彩色。这四种彩色象素被存贮在一个压缩象素的格式之中,其中每个象素占两位(表 1.7)。

表 1.7 模式 4 和 5 的显示彩色

标准彩色	可替换彩色
黑	黑
淡青	绿
淡紫	红
白	褐

(6)模式 6(640×200 两色图形)

模式 6 是 CGA 的最高分辨率图形模式。VGA 也支持这种模式,其分辨率为 640×200 象素,但仅有两种彩色。该模式支持彩显、增强型彩显、VGA 显示器及某些多频显示器。

类似于其他 CGA 模式,模式 6 对于 VGA 也并不完全兼容。凡直接写入 CGA 的 I/O 寄存器的软件,其功能对于 VGA 是不相同的。凡是用 BIOS 调用来配置寄存器的,一般可进行正确的操作。模式 6 仅允许使用一个显示内存页。

(7)模式 7(单色文本)

模式 7 属于 MDA 单色视频适配器的操作模式。它支持单色显示器或 VGA 显示器。它能显示 8×14 象素的字符单元,而显示的屏幕格式为 80×25。由于单色显示器分辨率为 720×350,为了填满单色显示器 720 个水平象素,在屏幕上每个字符是以 9 个象素宽来填充的。

对于模式 7,MDA 的部分软件与 VGA 相兼容,并且支持 8 个显示页。显示页的选择通过 BIOS 调用来实现,它将优于改变 CRT 控制器中的起始地址寄存器。在单色文本模式中,字符

属性不再控制彩色,但代表其它显示特性,诸如闪烁、亮度、下划线和反转显示等。

(8)模式 D(320×200 十六色图形)

模式 D 是仿制 CGA 模式 4 的,能提供 16 种彩色,它采用 320×200 象素的分辨率,支持彩显、增强型彩显、VGA 显示器及某些多频显示器,它含有 8 个内存显示页,需要 256KB 显示内存容量。模式 D 所支持的 16 种彩色列于表 1-8 中。

表 1-8 十六种彩色模式的标准彩色调色板

页 面	全(128KB)	部分(64KB)
3210	彩色	彩色
0000	黑色	黑色
0001	兰色	兰色
0010	绿色	黑色
0011	青色	兰色
0100	红色	红色
0101	品红	白色
0110	褐色	红色
0111	白色	白色
1000	深灰	黑色
1001	淡兰	兰色
1010	淡绿	黑色
1011	淡青	兰色
1100	淡红	红色
1101	淡品红	白色
1110	黄色	红色
1111	亮白	白色

模式 D 由于分辨率较低,因此它和其他模式的应用软件兼容性很差。所以不常使用这种模式。

(9)模式 E(640×200 十六色图形)

模式 E 有点像模式 6,但却提供了更多的彩色,而且与 CGA 和 MDA 下的模式不兼容。模式 E 所适用的显示器包括彩显、增强型彩显、VGA 显示器和某些多频显示器。模式 E 所支持的分辨率为 640×200 象素。它可使用 4 个内存显示页,而且支持模式 D 和 16 种颜色(见表 1-8)。

(10)模式 F(640×350 单色图形)

模式 F 支持分辨率为 640×350 的单色图形方式,它可使用两个内存显示页,并需要使用单色显示器或 VGA 显示器。

(11)模式 10(640×350 十六彩色图形显示)

模式 10 是一种新型的较为通用的彩色图形模式,它支持 640×350 象素的分辨率,适宜于增强型彩显、VGA 彩显或多频显示器。

模式 10 可使用两个显示页。它支持 16 种标准彩色调色板(表 1-8),可通过调色板寄存器属性控制器的重编程序来修改此调色板。

(12)模式 11(640×480 两色图形)

模式 11 通过 VGA 卡的支持而达到 640×480 象素的最高分辨率。它要求使用 VGA 显示器或多频显示器,并工作于能显示两种模拟彩色的 640×480 图形方式。也能工作于 80×30 的

文本显示方式。

(13)模式 12(640×480 十六色图形)

模式 12 是由 VGA 卡所支持的图形模式,其分辨率为 640×480 像素。它支持 16 种模拟彩色(见表 1-8),并要求使用 VGA 显示器或多频显示器。

(14)模式 13(320×200 的 256 色图形)

模式 13 是由 VGA 卡支持的 320×200 像素分辨率的图形模式,它支持 256 种模拟彩色,并要求使用 VGA 显示器或多频显示器。

(15)两次扫描方式

当使用 CGA 兼容的操作模式进行操作时,VGA 显示适配器使用一种两次扫描技术,可使低分辨率(200 扫描行)的 CGA 显示器达到高分辨率(400 扫描行)的 VGA 显示。其中 200 水平扫描行中的每行都被显示两次,这就将垂直屏幕分辨率从 200 扫描行增加到 400 扫描行,这样就改善了显示质量,并且也补偿了不同 VGA 显示器的长宽比,两次扫描技术主要被用于模式 0、1、2、3、4、5、6、D 和 E。符号上带有 * 或+,其含义如下:

* =带有 350 扫描行扩展视频图形适配器的文本模式。定符单元大小为 8×14 象素。

+ =带有 400 扫描行扩展视频图形适配器的增强型文本模式。字符单元大小为 9×16 象素。

1.2.5 扩展视频模式

扩展视频模式由 VGA 卡及兼容产品的生产厂家提供说明。诸如 TVGA(Trident VGA)、SVGA (Super VGA)及 Ultra 16 VGA 等,表 1-9 列出 Ultra-16 VGA 卡的扩展视频模式。这些扩展视频模式能使 VGA 适配器在更高的分辨率下工作,诸如 800×600 象素、1024×768 象素等。为了驱动这些视频模式,必须使用 SVGA 显示器、TVGA 显示器或某些多频显示器。

表 1-9 Ultra-16VGA 卡的扩展视频模式

模 式	类 型	列×行	彩色数	字符单元	映象地址	页数
4F	文本	132×60	16	8×8	B800	2
50	文本	132×25	16	8×14	B800	4
51	文本	132×43	16	8×8	B800	2
52	图形	800×600	16	8×16	A000	1
53	图形	640×480	256	8×16	A000	
54	图形	800×600	256	8×16	A000	
55	图形	1024×768	4	8×16	A000	
56	图形	1024×768	16	8×16	A000	
57	图形	1024×768	4	8×16	A000	

1.2.6 双显示系统

VGA 可与其他显示适配器共存于一个系统中,但必须满足下述条件:

- 必须选择一种单色显示方式,而另一种则为彩色显示方式;