

目 录

基 础 篇	(1)
第一章 微机显示技术基础知识	(3)
1.1 显示技术的发展	(3)
1.2 显示技术的基本概念	(8)
1.3 显示适配器的基本结构和工作原理	(20)
第二章 显示适配器的体系结构	(49)
2.1 单色显示适配器 (MDA) 的体系结构	(49)
2.2 彩色图形显示适配器 (CGA) 的体系结构	(50)
2.3 单色图形适配器 (MGA) 的体系结构	(51)
2.4 长城 GW 014 显示适配器体系结构	(51)
2.5 增强型图形适配器 EGA 的体系结构	(53)
2.6 VGA 的体系结构	(67)
第三章 显示模式	(81)
适配器篇	(88)
第四章 MDA 和 CGA 系列显示适配器	(89)
4.1 MDA (单色显示卡)	(89)
4.2 长城 GW 016 卡	(91)
4.3 长城 GW 015 卡	(97)
4.4 长城 014 卡	(103)
4.5 汉字单色图形 CMGA 卡	(108)
4.6 Hercules 图形卡	(118)
4.7 ROM BIOS 功能调用 (INT10)	(122)
第五章 EGA 适配器	(130)
5.1 EGA 寄存器	(130)
5.2 寄存器操作	(159)
5.3 ROM BIOS	(184)
5.4 EGA 的装配	(202)
第六章 VGA 适配器	(204)
6.1 VGA 寄存器	(204)
6.2 VGA 寄存器操作	(227)
6.3 ROM BIOS	(227)
扩展篇	(246)
第七章 Super VGA 的体系结构	(247)
7.1 显示存储器映像	(247)
7.2 增强型模式	(253)
7.3 BIOS	(255)

7.4 其它特点	(256)
7.5 适配器的辨别	(257)
7.6 Super VGA 的选择	(258)
第八章 VESA 标准	(260)
8.1 VESA 显示模式	(260)
8.2 VESA 的 BIOS 功能	(260)
8.3 编程实例	(265)
8.4 检测和识别	(270)
第九章 TVGA 8900 显示适配器	(274)
9.1 兼容性和硬件特性	(274)
9.2 显示模式	(275)
9.3 体系结构	(277)
9.4 显示存储器结构	(281)
9.5 寄存器信息	(293)
9.6 寄存器操作	(318)
9.7 TVGA 8900 ROM BIOS	(330)
9.8 TVGA 8900 的安装与软驱动	(341)
第十章 VGA Wizard / Deluxe 适配器	(350)
10.1 V5000 芯片	(350)
10.2 存储器结构	(350)
10.3 新的寄存器	(351)
10.4 编程实例	(353)
10.5 检测与识别	(359)
第十一章 VGA Wonder 适配器	(360)
11.1 ATI 18800 芯片	(360)
11.2 显示存储器结构	(361)
11.3 新的寄存器组	(363)
11.4 VGA Wonder BIOS	(367)
11.5 编程实例	(369)
11.6 检测与识别	(389)
第十二章 Max VGA 适配器	(393)
12.1 扩充的显示模式	(393)
12.2 存储器结构	(393)
12.3 扩充寄存器组	(394)
12.4 编程实例	(396)
12.5 检测与识别	(410)
第十三章 Boca 1024 VGA 适配器	(412)
13.1 新的显示模式	(412)
13.2 存储器结构	(412)

13.3 新增的寄存器	(413)
13.4 1024 VGA BIOS	(418)
13.5 编程实例	(421)
13.6 检测与识别	(435)
第十四章 Genoa Super VGA 适配器	(437)
14.1 新的显示模式	(437)
14.2 存储器结构	(438)
14.3 新增的寄存器	(438)
14.4 编程实例	(440)
14.5 检测与识别	(445)
第十五章 VGA 1024i 显示适配器	(446)
15.1 新的显示模式	(446)
15.2 存储器结构	(447)
15.3 新增的寄存器	(447)
15.4 VGA 1024i BIOS	(455)
15.5 编程实例	(456)
15.6 检测与识别	(474)
第十六章 Viewpoint VGA 适配器	(477)
16.1 TVGA 8800CS 芯片	(477)
16.2 存储器结构	(478)
16.3 新增的寄存器	(479)
16.4 BIOS 调用	(480)
16.5 编程实例	(483)
16.6 检测与识别	(488)
第十七章 VGA EM-16 适配器	(489)
17.1 新的显示模式	(489)
17.2 存储器结构	(490)
17.3 新增的寄存器	(490)
17.4 编程实例	(494)
17.5 检测和识别	(514)
第十八章 Paradise VGA 1024 适配器	(515)
18.1 AT 版本和微通道版本	(515)
18.2 新的显示方式	(515)
18.3 存储器结构	(516)
18.4 新的寄存器	(517)
18.5 Paradise VGA 2024 BIOS	(524)
18.6 编程实例	(527)
18.7 检测和识别	(534)

第十九章 HiRes VGA 适配器	(537)
19.1 芯片概况	(537)
19.2 存储器结构	(537)
19.3 新增的寄存器	(538)
19.4 编程实例	(539)
19.5 检测和识别	(543)
编程篇	(545)
第二十章 文本模式的编程基础	(546)
20.1 取信息	(546)
20.2 文本操作	(554)
第二十一章 图形模式的编程基础	(586)
21.1 一般说明	(586)
21.2 算法原理	(591)
21.3 2 色图形模式	(596)
21.4 4 色图形	(614)
21.5 16 色图形模式	(637)
21.6 256 色图形模式	(687)
第二十二章 编程技巧	(743)
22.1 绘图程序的效率	(743)
22.2 像素	(745)
22.3 线的属性	(748)
22.4 椭圆和圆	(749)
22.5 区域填充	(758)
22.6 动画技术	(768)
22.7 文本模式下的图形窗口	(771)
22.8 图形文字	(773)
22.9 绘图子程序与应用程序的连接	(779)
22.10 公用数据区	(799)
22.11 调试程序与视频显示	(799)
附录 A VGA BIOS 功能概要	(801)
附录 A-1 BIOS 功能概要	(801)
附录 A-2 BIOS 数据区	(815)
附录 B: VGA 寄存器概要	(822)
附录 C: 标准 VGA 模式	(826)
附录 D: 程序实例索引	(827)
附录 E: 词汇表	(831)

基 础 篇

80年代初兴起的PC机已成了当前科研、生产和自动化处理以及日常生活中不可缺少的工具。作为计算机的用户,除了关心其运算速度、内外存容量之外,经常打交道的是输入、输出设备。显示设备是计算机的基本输出设备,作为计算机和用户的桥梁,显示技术在这里起了非常重要的作用。众多的用户需要了解计算机显示技术的基本原理和实际的应用,即计算机如何在屏幕上显示信息,通过什么渠道、什么方式传递信息,与计算机的CPU是什么样的关系等等。

显示适配器(也称显示卡)作为计算机与显示器之间的接口,经过多年的改进,已从MDA、MGA发展到CGA、EGA,直到今天的VGA、Super VGA,为计算机技术的发展和满足用户的实际需要发挥了重要的作用。IBM公司于1982年推出的单色显示适配器(MDA)是第一个个人计算机的视频产品。MDA是一种文本模式显示适配器,没有图形和彩色能力。此后不久,Hercules计算机技术集团公司推出了Hercules单色图形适配器。它是一种单色适配器,但提供图形模式。Hercules为IBM计算机技术建立了第一个独立的视频标准。

MDA之后,出现了彩色图形适配器(CGA),它提供了相对来说较为原始的彩色图形模式。CGA文本模式实际上效果还不如MDA理想,只是那些非常需要使用彩色图形的用户才愿意接受CGA。虽然有些厂家推出了增强型的CGA产品,但由于缺乏标准化措施,这些产品的应用受到了限制。

IBM公司在1985年推出了增强型图形适配器(EGA)。EGA提供的彩色图形功能超过了CGA的彩色图形模式,并且包含了一些与MDA和CGA兼容的模式。EGA是第一个基于专利技术(VLSI)的PC视频适配器,这使IBM竞争者在实现兼容时遇到了很大的困难。与此同时出现了专业图形控制器(PGC),这种产品在 640×480 分辨率下提供256种颜色,但由于适配器和所需配置的显示器的价格较高,影响了它的广泛应用。

国内的显示技术起步虽然较晚,但随着计算机应用的普及,国内的显示技术也以惊人的速度发展。1986年长城计算机公司推出GW 0520-CH微机,中文显示系统的核心是GW014显示卡。该显示卡的主要设计思想,是用硬件电路实现字符方式下的 16×16 点阵中文显示,显示汉字的分辨率已达到 $40 \text{列} \times 28 \text{行}$,就是通常所说的25行正文,3行提示行,图形方式已达到 $640 \times 504 \times 8$ 色,同时实现了字符汉字和图形汉字能够叠加显示的效果。为了兼容CGA显示要求,长城微机采用双卡系统,即由GW015显示卡完成与IBM CGA兼容的任务。随着计算机应用的普及和提高,1988年长城计算机集团公司发布了与IBM EGA兼容的长城CEGA显示卡,除了与014、015显示卡兼容外,CEGA卡的分辨率有了很大的提高,图形能力已达到了IBM VGA的 $640 \times 480 \times 16$ 色。

虽然IBM的EGA有很多优点,但其价格仍不能被广泛接受,其最高分辨率和同一屏显示更多颜色仍有一定局限。1987年4月,IBM推出了视频图形阵列(VGA)作为PS/2系列个人计算机的标准显示接口。VGA和EGA类似,但EGA用的是数字显示

接口，而 VGA 则为模拟显示接口，这使得 VGA 具有比 EGA 强得多的彩色功能，同屏显示的彩色多达 256 种。

IBM PS/2 及其微通道技术在个人计算机市场中虽然比重不大，但 VGA 却作为未来的显示标准赢得了广泛的市场。EGA 芯片厂家很快就仿制出 IBM VGA 产品，并改进了 VGA 产品的性能。这些产品比 IBM 产品的分辨率更高，颜色也更多，统称为增强型 VGA (Super VGA)。1987 年 10 月 STB Sigma Designs 已造出兼容的 VGA 适配器。到 1987 年底，增强型 VGA 的分辨率已达 800×600 ，使得桌面印刷和计算机辅助设计 (CAD) 迅速普及了更逼真的显示能力。1988 年底，市场已能提供分辨率 640×400 、 640×480 ，甚至 800×600 及 256 种颜色的模式。随着更大带宽和更高扫描频率的显示器问世，VGA 适配器又增加了对 1024×768 分辨率的支持。目前，VGA 芯片厂家已成为个人计算机界的主导力量。通过更新设计 VGA 芯片，使 Super VGA 不断改进并增加了一些新的性能。1990 年底，长城计算机集团公司又推出了新一代显示卡 CVGA/24 显示卡，与 IBM 标准 VGA 全兼容；同时，由于采用 Tseng 公司 ET3000 芯片作为 VGA 方式下的主控部件，因此，该显示卡可以同屏显示 256 种颜色，最高分辨率达 $1024 \times 768 \times 16$ 色。

图形技术中的隐忧是，众多的 Super VGA 生产厂家在技术发展上缺乏统一的标准，使软件开发者在使用这些增强功能时遇到困难。Super VGA 适配器生产厂家通过对流行的软件如 Microsoft Windows、GEM、AutoCAD、Lotus1-2-3 等提供驱动程序，已经部分地解决了这一问题。另一方面，国外一些 Super VGA 厂商已经联合组成视频电子标准协会 (VESA)，着手制订一个扩充的 VGA 标准。VESA 还负有对充分利用 Super VGA 技术所必须的高分辨率显示器接口进行标准化的责任。国内虽然还没有这样的标准，但几家主流机型计算机公司的 VGA 产品，基本上是采用 IBM 标准，国内的做法是在 Super VGA 的范畴内增加了汉字及一些扩充的功能。长城计算机集团公司的 GW CVGA/24 显示卡是基于 Tseng 公司的 ET3000 芯片，长江计算机集团公司的东海 CVGA 汉卡是基于 Trident 公司的 TVGA8800CS 芯片。

在本篇中，将首先介绍一些显示技术的基本概念，然后介绍显示适配器的基本工作原理，内部的体系结构，以及显示模式等基础知识。

第一章 微机显示技术基础知识

1.1 显示技术的发展

1.1.1 IBM PC 机显示系统

IBM 个人计算机系统的发展经历了从 IBM-PC、PC/XT 到 PC/AT 和 PS/2 及各种 386 系统三个阶段。它们分别以采用 8086 (80286), 80386 作主 CPU 为主要特征。在显示系统方面, IBM 公司也不断推出新的显示标准, 以适应主机性能的升级。因此, 与 PC 系列机相配套的显示系统同样经历了三个主要的发展阶段。由于这些显示系统的技术指标已被工业界所采纳, 形成了公认的技术标准。

(1) 第一代标准: MDA, CGA 和 HGA

MDA 和 CGA 是 IBM 在 1981 年 PC 机和 PC/XT 机推出的显示标准。那时作为两种可选择的基本配置提供给用户: 字处理用户可以配置 MDA 板和单色显示器 IBM5151, 彩色和图形用户可以配置 CGA 和彩色显示器 IBM5153。

MDA 是 Monochrome Display Adapter 的缩写, 通常直译为“单色显示适配器”。由于 MDA 只能用于字符显示, 而不能显示单色图形, 因此, 叫它“单色字符显示板”比较确切。

MDA 的特点是字符显示的质量很高, 它采用 9 (宽) $\times$ 14 (高) 点阵的字符窗口, 其中字符显示为 7 $\times$ 9 点阵, 字符与字符之间有两个像素的间隔, 行与行之间有 5 个像素高的行间隔, 满屏幕显示 80 行 $\times$ 25 行字符, 所以, MDA 的实际分辨率为 720 $\times$ 348 点阵 (水平方向 80 $\times$ 9, 垂直方向 25 $\times$ 14-2)。

CGA 是 Color Graphics Adapter 的缩写, 直译为“彩色图形适配器”。由于 CGA 可以兼容显示字符和图形, 因此, 确切地说, 它是“彩色图形/字符显示板”。CGA 显示字符的质量明显不如 MDA。因为它的字符窗口只有 8 $\times$ 8 点阵, 字符点阵仅为 7 $\times$ 7 或 5 $\times$ 7, 在显示器上甚至可以分辨出字符的每个光点。

CGA 的显示分辨率为 640 $\times$ 200, 也可以工作在 320 $\times$ 200 和 160 $\times$ 200 分辨率。它的工作方式主要有四种:

- 80 列 $\times$ 25 行字符方式;
- 40 列 $\times$ 25 行字符方式;
- 640 $\times$ 200 点阵、2 种颜色的图形方式;
- 320 $\times$ 200 点阵、4 种颜色的图形方式。

80 年代初期, PC 机以字处理和商用为主, 因此 MDA 只用字符方式而没有图形方式。彩色图形操作刚由通用计算机移植到个人机, 所以 CGA 的彩色图形方式只能用于游戏类软件, 其分辨率和颜色种类远不能适应工程实际的需要。

在 PC 机问世后相当长的一段时间内, 只有 MDA 和 CGA 统治着 PC 机显示系统的

市场。实际上 MDA 和 CGA 之间存在着一段很大的空档，就是单色图形显示。我们注意到，CGA 的分辨率 ($640 \times 200 = 128000$) 仅为 MDA ($720 \times 350 = 252000$) 的 50% 左右。由于 MDA 不能兼容图形显示而限制了它的应用，但许多应用领域恰恰只需要单色图形支持。例如在汉字操作系统 CCDOS 中采用 CGA 的图形方式，满屏幕只能显示 11 行汉字。如果能采用 MDA 的分辨率，可以显示 19 行汉字，屏幕的信息量将增加 72%。另外，像 LOTUS1-2-3 这样的应用软件，也需要高分辨率单色图形支持。

IBM 公司并没有扩充 MDA 的图形功能，而另一家小公司，Hercules 计算机技术公司填补了这一空白，推出称为 HGA (Hercules Graphics Adapter) 的显示板，形成了唯一的一个非 IBM 显示标准——Hercules 标准。

HGA 有两个特点，一是扩充了分辨率完全与 MDA 相同 (720×348) 的单色图形方式，并保留了 MDA 原有的字符显示特性；二是采用与 MDA 相配套的单色显示器，不需投资更新显示器，就可将系统升级为单色图形系统。

由于 HGA 扩充了 MDA 的图形功能，使其成为“单色图形 / 字符显示板”，因此也叫 MGA (Monochrome Graphics Adapter)。在单色图形系统中，MGA 至今仍然很有生命力。

这一时期，还曾出现过 640×400 点阵的彩色图形显示板，它将 CGA 的垂直分辨率增加了一倍，这种板称作 Color400 或 CGE (Color Graphics Enhance)，但没有成为主流产品。

(2) 第二代标准：EGA 和 PGA

1984 年，IBM PC / AT 问世，个人计算机的性能大为提高，同时也提高了显示系统的性能，EGA (Enhanced Graphics Adapter) “增强型彩色图形板”应运而生。

原始的 IBM EGA 标准分辨率为 640×350 点阵，字符窗口为 8×14 点阵，16 种颜色 (调色板有 64 种颜色)。在水平方向，EGA 吸收了 CGA 640 个点的分辨率，而在垂直方向采用类似 MDA 350 行的分辨率。它可以兼容 CGA 和 MDA 的各种显示方式，并扩充了 640×350 与 16 种颜色的图形方式。配置 IBM5154 增强型彩色显示器，就可以得到比较理想的彩色图形显示效果。

EGA 的出现使 PC 机的显示系统性能上了一个大台阶。1985 年以后，许多厂家先后开发性能优于 IBM EGA、而价格较低的兼容显示板。这类 EGA 兼容板图形分辨率可以达到 640×480 ， 800×600 ，甚至更高；字符方式下可以达到 132 列、33 行显示。它们的特点是兼容性强，有很宽的适应范围，但需要配置自适应同步显示器。这一类显示板的型号很多，性能各异，名称有 Super EGA，Enhanced EGA，EGAMAX，EGA480 等等，我们将统称它们为 EGA⁺。

与 EGA 同时，IBM 公司在 1984 年还推出了一个专用图形系统 PGA (Professional Graphics Adapter)，也叫 PGC 或 PGS。它是为满足 PC 机 CAD 用户设计的，图形分辨率为 640×480 ，256 种颜色。PGA 显示板采用 4096 种颜色的调色板和模拟信号输出，使显示颜色的种类提高到 256 种。由于 PGA 需要配置模拟显示器，系统价格昂贵，因此不太普及。但是 PGA 系统中 640×480 显示标准被各种 EGA⁺ 所采用，而且 PGA 的分辨率和模拟输出方式，成为后来的 VGA 标准。

(3) 第三代标准: VGA, MCGA 和 IBM8514/A

IBM PS/2 系列机于 1987 年 4 月问世, 同时推出了新的显示标准 VGA 和 MCGA。

MCGA (MULTI-Color Graphics Array) 与 CGA 高度兼容, 但是增加了 640×480 点阵时 2 色和 320×200 时 256 色两个图形方式; 字符显示的质量比 CGA 提高了, 采用 8×16 点阵的字符窗口。

VGA (Video Graphics Array) 与 EGA 高度兼容 (当然也与 CGA 兼容), 主要增加了 640×480 点阵、16 色和 320×200 、256 色的图形方式; 字符方式 F 采用 9×16 点阵的字符窗口, 显示 80 列 $\times$ 25 行字符。

这两种显示板与 EGA⁺相比, 分辨率并没有提高, 主要特点是采用了 256 种颜色的调色板和用模拟量输出, 使显示的颜色更逼真。VGA 之前的显示板 (PGA 除外) 都是采用数字量输出, 输出颜色的种类受到接口线条数所限, 最多到 64 色。VGA 和 MCGA 配套的显示器有 IBM8512 (14 英寸彩色), IBM8513 (12 英寸彩色) 和 IBM8503 (12 英寸单色)。

VGA 本来是 PS/2 系统中显示控制用门阵列芯片的名称, 而不是指显示板。在 PS/2 系统中, 显示控制逻辑是主板的一部分。IBM 设计了与 PC/AT 总线兼容的 VGA 显示板。插入 AT 机, 可使 AT 机具有 PS/2 的显示特征。

由于 IBM 公司对 VGA 芯片的制造拥有专利, 因此其它公司在开发 VGA 芯片和显示板的过程中进行了各种改进, 并且提高了性能。这一类 VGA⁺或“Super VGA”的分辨率除兼容 VGA 的 640×480 点阵以外, 又扩充了 800×600 、 960×720 、 1024×768 等多种图形方式。字符方式最多为 160 列。它们都采用了专门设计的显示控制芯片。目前比较常见的 VGA 控制芯片有 Paradise 公司的 PVGA1, Chips 公司的 441/442, Cirrus Logic 公司的 CLDG510/520 和 Tscng Lab 公司的 ET3000。各种 VGA⁺显示板基本上是以这些芯片为核心, 外加显示存储器等构成的。

(4) 几种主要显示标准的性能比较

IBM8514/A 是 PS/2 系统中与 IBM8514 彩色显示器 (16 英寸) 相匹配的显示板。它是类似于 PGA 的专用图形系统, 可以满足 CAD 等用户的需求。8514/A 的分辨率为 1024×768 点阵, 这个技术指标是目前个人计算机通用显示系统分辨率的上限。最新的 VGA⁺已经能够支持 1024×768 的显示方式。表 1-1 列举了几种显示标准的性能。

表 1-1 几种显示标准的性能比较

显示标准	最大分辨率	最大颜色板	调色板颜色数	字符窗口
IBM MDA	720×348	1	无	9×14
IBM CGA	640×200	4	16	8×8
Hercules	720×348	6	无	9×14
IBM EGA	940×350	16	64	8×14
EGA ⁺	640×480 或 800×600	16	64	8×14
IBM VGA	640×480	256	262,144(256K)	9×16
Super VGA ⁺	1024×768 或 800×600	256	262,144(256K)	9×16

1.1.2 长城微机中文信息处理及显示技术的发展

长城系列微机的中文处理功能始终以与 IBM 机兼容为前提。长城系列微机的显示系统一方面与国际标准的西文显示方式兼容,以保证西文软件及图形方式的中文显示软件的运行,另一方面有长城计算机集团公司自主设计的中文显示处理硬件电路的支持,因而可以实现字符方式下的中文显示,以此来满足不同应用领域、应用环境下的不同需要。

(1) 早期的 GW014、GW015 显示卡

1986 年问世的长城 GW0520-CH 微机系统,就其中文处理性能及市场占有率而言,不能不说是商品化中文电脑的首次成功。究其原因,主要是该机的中文显示系统采用了字符方式的技术方案,设计有专门的显示电路部件 GW014 中文显示卡。当时已有基于图形方式的“软汉字”方案的汉化操作系统问世,因而长城 GW0520-CH 微机就更受用户青睐。这也说明了字符方式的中文显示系统在显示精度、速度及兼容性方面的性能。

长城 GW0520-CH 微机的中文显示系统的核心是 GW014 显示卡,该显示卡的主要设计思想是用硬件电路实现字符方式下的 6×16 点阵中文显示,并且与当时主要流行的 IBM CGA 显示标准的硬件级尽可能多地兼容;在 BIOS 接口级全兼容,保证高速、高精度(16 点阵在当时是较高的中文显示精度)地显示中文。

为达到此目标, GW014 卡采用了与 CGA 相同的 CRTC 控制芯片 6845,对显示存储器的结构作了修改与补充,以使字符显示代码的长度由 8 位扩充到 16 位,并使用了专门制造的、高集成度的字符点阵数据(字库)芯片。当然在屏幕刷新电路中对字符显示代码及字符点阵的读取访问、工作节拍、数据宽度及串行点移位控制等方面,都作了为支持中文字符的双字节的专门设计。

尽管该显示卡在当时已是较好的设计,但由于技术上的原因,该卡尚有不可克服的不足。一是由于中文显示码大于 8 位,须用两个字节表示才可一拍内读出,故显示存储器结构地址安排比 CGA 标准要大一倍,且显示存储器内的数据结构定义与 CGA 不同。二是由于显示存储器结构与控制的差异,使得其图形方式与 IBM CGA 不能硬件级兼容。其中第一个不足在当时还没有可行的解决方法,第二个不足便引出了 GW015 显示卡,用它来全兼容 CGA 的特性,并与 GW014 卡配合使用,来适应要求与 CGA 图形方式硬件级兼容的应用场合。

这样, GW014 加上 GW015 卡,便组成了既可实现字符方式的中文显示,又可全兼容 CGA 的长城 GW0520-CH 微机的显示系统。

(2) 中期的长城 CEGA、CMGA 显示卡

随着微机技术的发展与应用的普及提高, IBM EGA 显示标准逐渐取代了 CGA,成为分辨率较高、色彩数较多的用于图形应用的显示标准。与此相适应,中国长城计算机集团公司于 1988 年研制了与 IBM EGA 兼容的长城 CEGA 显示卡。在其后数年中,长城 CEGA 显示方式又成为国内中文电脑应用领域中使用最为广泛的标准方式,出现了在该硬件环境下运行的大量中文软件或汉化的西文软件。

长城 CEGA 显示卡是长城 GW014 / 015 显示卡的继承与发展。该卡的主要设计思想是:

- 全兼容 IBM EGA 显示标准, 使图形显示性能提高
- 中文显示全部继承 GW014 卡的功能, 尽可能作到与 GW014 卡全兼容
- 用一块显示卡实现上述功能, 以简化原来 GW014 / 015 那种双卡共用的结构
- 将显示控制程序 BIOS 移至显示卡上, 使显示卡与 CPU 板无关

事实上, CEGA 卡上的电路结构从逻辑上划分, 仍然可分中文显示和 EGA 图形两部分, 分别由两个 CRTC 和两部分显示存储器组成。只有这样才能保持字符与图形叠加显示这一功能特点。

在中文显示功能方面, CEGA 卡与 GW014 卡没有区别, 在西文图形显示方面, CEGA 卡兼容 EGA 标准。

由于某些技术方面的原因, CEGA 卡与 GW014 卡在硬件级不能 100% 兼容。一是中文字符显示存储器的地址与显示 BIOS ROM 地址冲突, 不得不动移至另外一段。二是某些 I/O 寄存器地址与 GW014 卡不同。然而由于在 BIOS 接口一级与 GW014 卡兼容, 因而大部分软件可以不加修改地在 CEGA 卡上运行。对于那些不通过 BIOS 功能调用而直接访问硬件的软件, 稍加修改几个地址变量也可在 CEGA 卡上运行。

为了满足不同的应用需要, 中国长城计算机集团公司又推出了适用于单色显示器的 CMGA 卡。该卡的中文显示功能与 CEGA、GW014 类似, 图形功能兼容较低分辨率的 CGA、MDA、HGC 标准。这对于一些主要面向文字编辑处理, 对彩色显示不甚要求的应用场合, 无疑是一种经济实用的选择。

由于 CEGA 及 CMGA 在中文显示电路上与 GW014 卡无本质差别, 因而仍延续了前述 GW014 卡所具有的某些不足。

继 EGA 问世后, IBM 又宣布了 VGA 显示标准, 使微机的屏幕显示标准又提高到一个新水平。出于技术进步和应用需要, 长城计算机集团公司于 1990 年底公布了新一代的中文显示卡—长城 CVGA / 24 卡。就中文显示功能而言, CVGA / 24 卡较其前代产品 CEGA 卡及 GW014 卡, 在继承其优点的基础上, 又有了新的扩充和提高。体现在显示精度、字形效果及中西文兼容性方面的较大提高和功能扩充, 为中文软件的开发、应用, 创造了更加便利的基本环境。

CVGA / 24 卡的设计思想主要是: 在保证全兼容 IBM VGA 标准、全兼容长城 CEGA 标准的前提下, 在中文显示性能上应有较大提高, 克服前代产品的不足, 使中西文兼容性提高到一个新水平。

在此基础上制定并达到的性能指标主要有:

- 全兼容 IBM VGA 标准, 保证西文软件正确运行
- 全兼容长城 CEGA 标准, 保证原 CEGA 环境下的软件正常运行
- 增加了 24 × 24 点阵中文字符显示, 提高显示精度及美观效果
- 支持可更改的显示字库, 以满足不同字体的显示需要
- 增加了单区 / 4 字节显示缓冲区模式, 克服原 CEGA 及 GW014 在硬件级中西文不兼容的不足
- 便于汉字字符集的扩充, 拓宽了应用领域

为实现上述指标, 采用了先进的超大规模集成电路专用芯片 (VLSI / ASIC) 技术, 自主开发设计了一片集成度为 10000 门的专用集成电路芯片, 作为上述中文显示功能的控

制心脏，并选用了 ET-3000 VGA 控制芯片作为 VGA 方式下的主控部件。再将中文显示控制与 VGA 显示控制两部分有机地结合起来，便构成了可兼容 VGA 及 CVGA 标准的显示电路的主要框架。CVGA / 24 卡上的字符点阵库（字符）也由原来的 ROM 改为大容量的 RAM，以容纳大容量的 24 点阵汉字字库及较多的扩展汉字。还可以根据需要装入不同字体的字库，以实现不同字体的汉字显示。另外，由于采用了 VLSI 技术，使得汉字的标准内码到显示代码之间的转换可以由硬件完成；从而改进了显示存储器的数据结构定义，使中文字符与西文字符的代码格式基本相同，大大提高了兼容性，简化了操作，为汉化西文软件及编写中文软件提供了极大的便利，甚至西文软件不经汉化便可直接显示中文。

CVGA / 24 显示卡，可具有多种不同的工作方式，以适应不同的应用场合，而各方式之间的切换，只要用键盘命令即可实现，不必拨动开关或重新启动系统，这又是使用中的一大便利。

总之，长城 GW CVGA / 24 显示系统，无论与长城 CEGA 的功能相比，还是与 IBM VGA 的西文图形功能相比，都有较大的提高，在目前国内、外的同类显示卡中都居领先地位。

1.2 显示技术的基本概念

显示适配器是用于显示设备与计算机系统间接口的电路板，如图 1-1 所示。它的主要任务是将来自主机的数据经过显示器控制器（CRTC）的处理显示在显示器上。

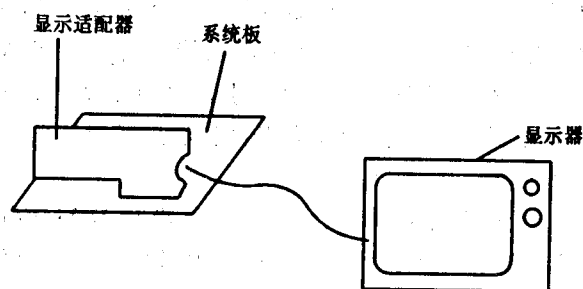


图 1-1 基本显示系统结构框图

随着计算机技术的不断发展，显示技术也不断发展，其体系结构随计算机系统的不同而不同。有的计算机系统将显示适配器置于系统板上；有的插入系统板的扩展槽中。

(1) 显示适配器

微机通常有下面一些显示适配器：

- 单色显示适配器 MDA (Monochrome Display Adapter)
- 单色图形适配器 MGA (Monochrome Graphics Adapter)
- 彩色图形适配器 CGA (Color Graphics Adapter)
- 多彩色图形阵列 MCGA (Multi-Color Graphics Array)

- 大力神显示卡 HGC (Hercules Graphics Card)
- 增强型图形适配器 EGA (Enhanced Graphics Adapter)
- 视频图形阵列 VGA (Video Graphics Array)
- 扩展图形阵列 XGA (eXtend Graphics Array)

(2) 分辨率

微机显示技术中通常所说的分辨率有两个含义，一个是水平分辨率，一个是垂直分辨率。如果从字符角度来说，那就是水平方向和垂直方向可显示的字符数；从图形角度来说，那就是水平方向和垂直方向可显示的像素点数。比如 640×480 ，那就是水平方向 640 个像素点，垂直方向 480 个像素点。分辨率取决于点速度和显示器的水平及垂直扫描速率。每帧所显示的像素数目，对应于点数速率除以垂直扫描速率。实际的水平及垂直分辨率，要根据水平扫描速率而定。

(3) 显示器控制器 (CRTC)

显示器控制器，是产生控制显示器显示同步信号的电路。由组寄存器、水平及垂直时序电路、行地址发生器、光标控制电路、光笔检测电路组成。

(4) 文本 (字符) 模式和图形模式

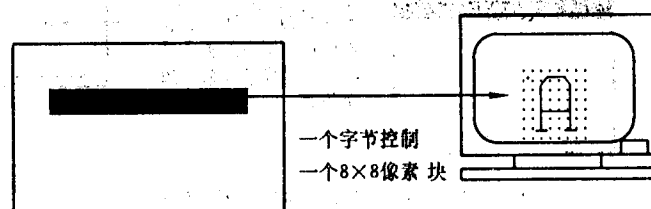


图 1-2 文本 (字符) 模式操作过程

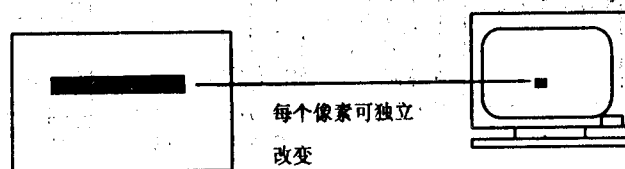


图 1-3 图形模式操作过程

从早期的显示适配器到现在流行的显示适配器，除了 MDA 只有字符方式外，其余的显示适配器的基本操作模式都有两种：一种是字符模式，另一种是图形模式。在图形模式中 (IBM 称之为全部点可寻址模式) 显示存储器中的一个单位 (1 个字节或一个字节中的几位) 表示显示屏上的一个像素点。显示存储器中的数据与屏幕的像素点的位置相对应。然而，在字符模式中一个单字节的 ASCII 字符码放入显示存储器中，屏幕上显示的是一个完整的字符。显示存储器中的代码与屏幕显示的字符相对应。字符模式比图形模

式需要的显示存储器要少得多，它在系统处理器上造成的负荷也更轻。但是他们的应用是非常有限的，只能显示字符和粗糙的块图形符。而图形方式，由于屏幕上所有的像素点都可直接寻址，因此，屏幕上所显示的内容具有任意性。这就为图形应用提供了优越的环境。这两种方式的操作过程如图 1-2 和图 1-3 所示。

(5) 压缩像素和颜色位面

存储彩色信息常用的两种技术是压缩像素法和颜色位面法。这两种方法都是在图形方式下所使用的。早期的显示适配器除了模式 4 和模式 5 是采用压缩像素法之外，都是采用颜色位面法的；后来的显示适配器（如 VGA）由于可显示丰富的彩色，压缩像素法的应用便得以发展了。

在压缩像素法中，将一个适配器点的全部颜色信息压缩成一个内存数据字。对于一个只有少数颜色的系统，所压缩的像素可能需要一个内存数据字节的一部分，即一个字节可以表示几个像素。CGA，EGA 采用每个像素用两位表示，一个字节（8 位）可表示四个像素，同屏幕显示 4 (2^2) 种颜色。对于很精密的系统，一个压缩像素可能占用几个内存数据字节的长度。VGA 显示适配器采用了每个像素一个字节来表示，因此同屏幕就可以显示 256 (2^8) 种颜色。压缩像素法的工作原理如图 1-4 所示。

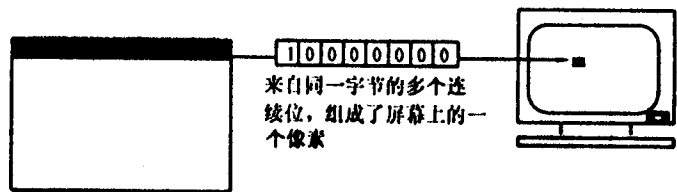


图 1-4 压缩像素法工作原理

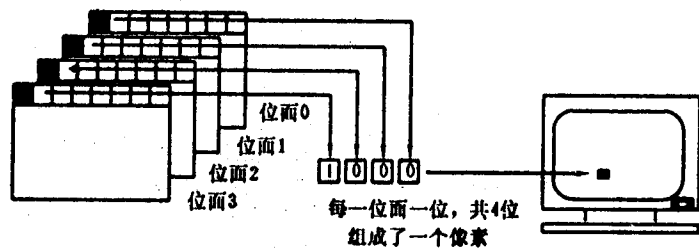


图 1-5 颜色位面法工作原理

在颜色位面法中，显示存储器被分割成几个独立的存储区域，习惯上称之为位面。每个位面被用来控制一种颜色成分（如：红、绿或蓝）。每个像素在每个位面中占一位，由几个位面中相对应的位组成一个像素，图 1-5 表明了颜色位面法的原理。

(6) 显示存储器

显示存储器是指在视频系统中存放显示数据的存储器，也叫 VRAM。处理机的 CPU 可直接寻址。视频显示电路会连续重复地读取 VRAM 中的数据来更新屏幕的显示内容。

VRAM 的地址与显示器的屏幕有一定的对应关系。

(7) 字符发生器

字符发生器是显示适配器在字符方式所使用的技术。它存放特定字符的点阵数据。早期的显示适配器使用 ROM 存放那些数据，而 VGA 显示适配器使用 RAM，可以有多种字符装入字符发生器。字符发生器的数据由显示存储器中的代码译码产生相应的地址。因此，字符发生器技术提高了显示速度。

(8) 帧存储器和颜色查找表

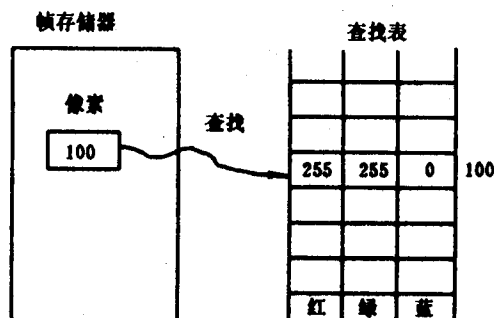


图 1-6 颜色查找表

以像素 (pixel) 形式保存单色或彩色图形的存储器叫帧存储器，当电子扫描电路扫描帧存储器时，把其中的数字信号转换成模拟量，送到视频监视器以显示相应的图形。

分配给每个元素的存储量限制了可同时显示的颜色数。例如，一个像素占一个字节 (8 位)，则只可能同时看见 256 种颜色。

在单色系统中，若每个像素有一个字节，那么可显示 256 种灰度。如果所有的字节置为零，则显示一幅黑图像。把所有字节的值变成 255，则屏幕上产生的是明亮的白色。

彩色系统中，通常像素存放的是颜色的编号。为了获得彩色，要引入查找表，它定义一任意像素的原色。例如，设所有的像素值为 100，查找表不直接将 100 解释为单色等级，而是把 100 作为其第 100 项的地址，查其内容。假设这时查找表第 100 项内容为：红色值为 255，绿色值为 255，蓝色值为 0，从而产生黄色，如图 1-6 所示。

显示器所显示的颜色受查找表的容量限制，而同时可显示的颜色受像素容量限制。例如，如果查找表为每种颜色分配一个字节，则可提供 $256 \times 256 \times 256$ 种组合颜色；每个像素一个字节则只允许同时看到 256 种颜色。

查找表的另一特点是能同时改变颜色。在上面的例子中，只需要改变查找表的第 100 项，交换绿色和蓝色两字节的值，显示颜色便由黄色变为紫色。

真彩色系统要求每一像素有 3 个字节。这样，每个像素可置为红、绿、蓝色的任意组合色，而每种颜色又可取 256 级中的一级。

帧存储器通过高速接口连接小型计算机。随着程序的执行，不断地把扫描颜色级别的数据送到帧存储器，图像便出现在视频监视器上，产生一幅完整的图形要好几秒钟。

在 VGA 显示板的存储器中，每个像素最多用一个字节存储，可以表示 256 种颜色的

组合。这个字节的信息经过颜色查找表 (Look up table) 和 D/A 变换, 才能得到模拟输出。VGA 显示板可以从 256K 种颜色中选择 256 种输出, 这是因为 VGA 有一个 256K 种颜色的颜色查找表 (也叫“调色板”)。它实际上是 256×18 位快速存储器。来自 VRAM 的 8 位数据作为地址, 经译码后访问查找表。表中的每个单元都是 18 位字长, RGB 每一路均为 6 位。表中取出的数据作为 D/A 变换的输入, 最后得到模拟量的 RGB 信号, INMOS 公司的 G171 就是将 RGB 三路 D/A 转换和颜色查找表集成在一个芯片内。表的数值可以通过指令修改, 以显示不同的颜色组合。查找表的位数还可以加长。如果 RGB 每路用 8 位表示, 24 位字长的查找表可以表示 $2^{24} = 16M$ 种颜色。有的显示系统可以从 16M 种颜色中选择 256 种, 就是采用了 24 位查找表结构。

(9) 视频 ROM BIOS

在 IBM 兼容的微型计算机中, 基本输入输出系统 BIOS (Basic Input-Output System) 是一组使得系统资源可按标准方式应用的底层固化程序。它为软盘、硬盘、串、并接口、视频显示和其它功能提供服务。系统的 BIOS 存放在系统主板上的 ROM (只读存储器) 中, 所以就叫 ROM BIOS。

所谓视频 ROM BIOS, 就是服务于显示部分的接口程序, 通常所说 INT 10h 就是这部分内容。在系统加电后, 通过视频 ROM BIOS 对显示适配器进行初始化, 进行显示方式的设置等等。标准的 PC/XT/AT BIOS 包括一系列驱动 MDA 和 CGA 显示适配器的视频服务程序, 通过寄存器指定的参数执行软件中断指令 (INT 10h) 进入这些服务程序。寄存器 AH 指定了将执行的功能, 例如:

MOV	AH,0	;装入 BIOS 功能号
MOV	AL,MODE	;装入参数
INT	10h	;调用 BIOS

这是一个简单的例子, 其中 AL 为子功能或者说是 AH 中功能号的入口参数。在复杂的 BIOS 调用中, 可能会用到 BH、BL、BX、DH、DL、DX 等寄存器。在调用返回时, 会将有关的出口 (或返回) 参数放在已定义好的寄存器中, 随视频功能调用的不同而异。关于视频 ROM BIOS 存放的系统地址空间, 随视频显示适配器不同而不同。EGA 适配器之前的 ROM BIOS 存放的主地址空间在 F000:0 处, 而从 EGA 开始到 VGA ROM BIOS 存放的系统主地址空间则在 C000:0 处。并且存放的位置也不同: EGA 之前的视频 ROM BIOS 存放于主系统的 ROM BIOS 中, 而从 EGA 开始则存放在显示适配器上。当然, 到 VGA 适配器, 也可以通过软件安装命令, 把视频 ROM BIOS 安装在主系统的 RAM 中。这样可以提高其运行速度。

(10) 光标

光标是处理机管理显示屏幕所使用的技术, 它起定位的作用。可通过对显示适配器的编程, 实现光标的尺寸和位置的管理。光标起始线和光标终止线寄存器允许将最多 32 条扫描线高度的光标, 置于字符点阵的扫描线上。可通过光标寄存器的编程, 设置光标为闪烁或不闪烁。如图 1-7 所示。

(11) 扫描方式

显示适配器共有三种光栅扫描方式。正常同步方式为非隔行扫描, 每根扫描线以场频

的速率被刷新 (50~70Hz), 帧时间被分成奇、偶场, 水平与垂直时间关系引起奇数场扫描线相对于偶数场的位移; 当相同信息被显示于奇、偶两个场中时, 这种方式叫做“隔行同步”, 这种方式的有用之处在于提高字符的可读性; 当一个字符的偶数线显示于偶数场而奇数线显示于奇数场时, 这种方式叫做“隔行同步及视频”, 在给定带宽的显示器上, 这种方式可有效地加倍字符密度。但这两种隔行扫描方式的共同缺点是会有明显的闪烁效果。当然, 也可以在显示器设计中减少这种效果。

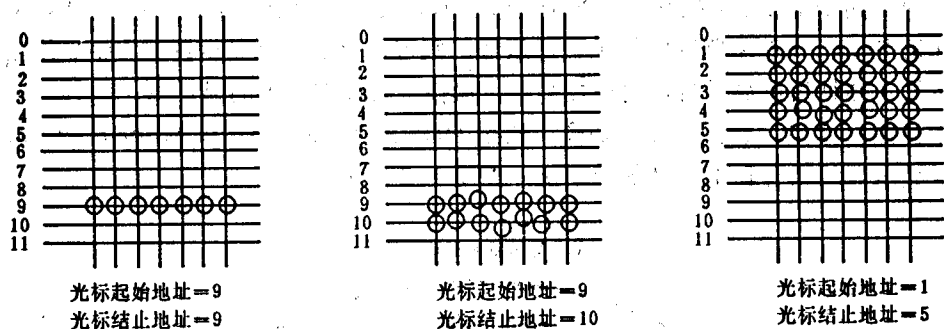


图 1-7 置光标方式

对 CRTC 编程作隔行扫描时, 需注意以下几点:

--水平字符总数必须为奇数 (即字符时间数为偶数)

--对于隔行同步及视频方式, 最大扫描地址线必须是奇数 (即偶数根扫描线); 垂直显示字符总数必须为偶数, 编程设置的这个数字必须是实际要求的一半; 光标起始线、终止线寄存器必须同时为奇数或同时为偶数。图 1-8 为扫描方式示意图。

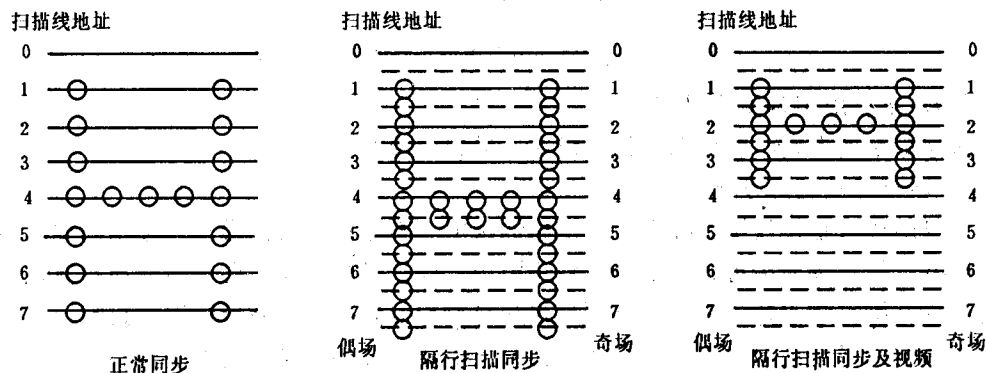


图 1-8 扫描方式示意图

(12) 两次扫描方式

两次扫描是 VGA 显示适配器为兼容 CGA 而采用的一种新技术, 用 CGA 兼容模式操作时, VGA 使用两次扫描技术, 使低分辨率 (200 扫描行) CGA 显示器进行高分辨率 (400 扫描行) VGA 的显示。200 个水平行中的每行都被显示两次, 把屏幕的分辨率垂直方向从 200 扫描行增加到 400 扫描行。这样改善了显示质量, 并且帮助补偿不同 VGA 显