

微机图形程序设计



73.876
169

微机图形程序设计

〔英〕加里·马歇尔 著

一九八五年九月

Garry Marshall

Programming with Graphics

Granada Publishing Ltd. 1983

经陕西省出版总社批准出版

编号022 内部发行

内 容 简 介

本书专门介绍如何在微型计算机上进行图形程序设计，主要内容包括块拼图形、象素图形与线连图形的生成、提高分辨率、放大、缩小、移动、动画效果等方法。书中还用了较多的篇幅介绍了三维图形程序设计的方法。为了适合大多数读者的水平，书中尽量不涉及高深的数学知识，而是利用大量的设计实例进行说明。每章后附有提要 and 程序设计练习题，供读者自己测试所阅读过章节的实际掌握情况。书中还列出了一些已出版的计算机图形书籍，供读者进一步学习提高。

本书适合于大、中专院校师生、研究生和各行各业工程设计人员学习参考，也可供高、初中教师与学生学习参考。由于各章节自成体系，全书内容通俗易懂，因此可供大专院校和各类学习班作为教材使用。

出版者的话

经国内计算机专家的推荐，我们翻译出版了《微机图形程序设计》一书，奉献给广大读者。

《微机图形程序设计》是一本通俗易懂的微机图形程序设计入门书。全书概念清楚、层次分明、语言流畅，解释深入浅出，特别适合于做为教材使用或具有初步微机知识的人员自学。另外，目前我国高、初中正在逐步普及微机教育，本书对在高、初中任教的老师很有帮助。由于书内的图形程序是用 Basic 语言编写，而 Basic 语言又是我们国内最普及的程序设计语言，因此任教老师可以直接采用书内的程序，在微机上为学生示范。

在本书的翻译过程中，得到了西北大学计算机科学系主任郝克刚副教授的指导和热情帮助。并审校了全书。本书由国营长岭机器厂技术经济信息中心组织翻译。

凡对本书翻译出版过程中给了热情帮助和指导、并积极提出建议的领导和同志们，我们在此表示衷心感谢。

限于我们的水平，译文中难免存在疏漏和错误之处，敬请广大读者给予批评指正。

国营长岭机器厂技术经济信息中心

一九八五年九月

原 作 者 序

本书介绍如何在微型计算机上进行图形程序设计。为了保证本书通俗易懂，我尽量使各个主要章节都不超过大多数人在学校所学过的数学知识范围。当然，要编写高级的图形程序，就需要某些数学、特别是几何学方面的专门知识和技巧，但我希望本书所体现的特点之一是大量的图形程序设计都可以用最少的数学知识来完成。

我有意识地使本书所有的图形程序尽可能地简短，并能很好地表达如何对图形的一个具体方面进行程序设计。我认为，重要的是程序应能清楚地表明图形绘制是如何进行的。这样，就不会因为要编写诸如使数据安全输入或确保程序不做“不安全的事”等程序而喧宾夺主，搞乱主程序。我深信，读者自己能够处理好程序设计的这些方面。

按照我的想法，一台微型计算机的图形功能通常是其最引人注目的特性。早期用于微型计算机的大多数程序是由程序员编写的，那时他们还没有意识到应采用良好的图形设备。现在这种状况已经大大地改善了，但仍然要做出很大努力，才能使微型计算机图形功能的全部潜力为大多数程序所利用。对于诸如飞行模拟器一类的显示来讲，大型计算机产生的图形效果要比微型计算机所能达到的效果好一些，这不仅仅是由于硬件的优势，而且也是由于大型计算机具备极好的软件支持和程序设计经验，这应该看成是对个人计算机用户的一种挑战，它将促使开发出更好的图形应用程序和图形支持程序。

编写绘图程序到底需要多少数学知识，这可能是某些人十分关注的问题。如果说初学者只需要极少的数学知识的话，那么要想绘制出更复杂的图形就要掌握必要的理论了。三维图形的绘制是三维状态的形象化，这对于我们大多数人来讲是非常困难的。根据我的经验，三维图形是图形应用中最典型的应用，掌握起来比较困难，但就掌握的过程来讲，数学知识未必是主要障碍。

自《计算机和电视游戏》(Computer and Video Games)杂志创刊以来，我已经为该杂志的图形专栏撰写了一些稿件，本书的几个部分或多或少是基于那些稿子最初叙述的思想写出来的。附录是以专门致力于图形的《个人软件》杂志(Personal Software)中发表的一篇文章为基础的。微型计算机图形功能分类的系统方法最初是由该杂志的编辑亨利·巴奇特(Henry Budgett)提出来的，当然我已经对它略加改进。我非常感谢他对此所作出的贡献，并感谢他允许我采用这一资料。

我一直是很幸运的，因为在我所工作的地方能方便地利用大量不同型号的微型计算机。北伦敦(North London)的Polytechnic公司不仅在其各个部门拥有许多微型计算机，而且在其公共计算中心也拥有许多微型计算机。本书中的许多插图就是利用Polytechnic计算服务公司的Hewlett—Pockard绘图仪绘制的。我非常感谢北伦敦的Polytechnic公共计算中心和计算部门的工作人员，他们给予了我热心的帮助和合作。

最后我应该感谢我的夫人安妮(Anne)，她处于困难的时候，仍在本书写作的各个阶段给予我十分必要的帮助。

目 录

第一章	图形程序设计介绍	(1)
§ 1.1	微型计算机的图形设备	(2)
§ 1.2	分辨率	(5)
§ 1.3	缺少标准化	(6)
§ 1.4	提要	(6)
第二章	图形显示的生成	(7)
§ 2.1	图形种类	(8)
§ 2.2	块拼图形	(10)
§ 2.3	像素图形	(12)
§ 2.4	线连图形	(14)
§ 2.5	提要	(15)
§ 2.6	符号说明	(16)
§ 2.7	自测试题	(16)
第三章	块拼图形	(18)
§ 3.1	交互方式	(20)
§ 3.2	绘图系统	(22)
§ 3.3	提高分辨率 (1)	(24)
§ 3.4	图形放大	(29)
§ 3.5	移动和动画	(30)
§ 3.6	曲线图	(31)
§ 3.7	提高分辨率 (2)	(32)
§ 3.8	用 PRINT 命令生成图形	(33)
§ 3.9	提要	(35)
§ 3.10	程序设计练习题	(35)
第四章	像素图形	(37)
§ 4.1	命令的产生	(37)
§ 4.2	造型、线条和曲线	(41)
§ 4.3	缩小	(44)
§ 4.4	移动	(45)
§ 4.5	提要	(47)
§ 4.6	程序设计练习题	(47)
第五章	线连图形	(49)
§ 5.1	绘制正方形	(49)

§ 5.2	较复杂的图形	(50)
§ 5.3	移动	(52)
§ 5.4	曲线	(55)
§ 5.5	三维图形	(60)
§ 5.6	提要	(64)
§ 5.7	程序设计练习题	(64)
第六章	其他课题	(66)
§ 6.1	龟绘图系统	(66)
§ 6.2	三维图形的处理	(68)
§ 6.3	微型计算机图形包的各种要求	(71)
§ 6.4	其他读物	(73)
附录:	微型计算机的图形设备	(74)
	Acorn Atom	(74)
	Apple II	(75)
	Atari 400和800	(75)
	BBC 微型计算机	(76)
	Commodore PET	(76)
	Commodore VIC-20	(77)
	DAI	(78)
	Exidy Sorcerer	(78)
	Grundy New Brain	(79)
	NASCOM	(79)
	NEC PC-8001	(80)
	Research Machines 380Z	(80)
	Sharp MZ-80A 与 MZ-80K	(81)
	Sharp MZ-80B	(81)
	Sharp PC-1500	(82)
	Sinclair ZX Spectrum	(83)
	Sinclair ZX81	(83)
	Tandy TRS-80 和 Video Genie	(84)
	Tandy 彩色计算机	(84)
	Texas Instruments TI-99/4A	(85)

第一章 图形程序设计介绍

绘画艺术是指素描、油画和版画，“绘画”一词在计算机领域以外一般是指素描和版画。这些绘画可能是工程图纸，亦可能是用于广告设计的版画，通常是要对这些图画进行精心的设计，以便进行图形信息交流。计算机绘图主要是利用计算机生成和显示图象。

微型计算机的绘图能力是其最引人注目的特性之一。某种微型计算机能否产生出彩色显示，能否显示出逼真的和准确的物体图象，以及能否产生使人信服的、栩栩如生的效果，可能是潜在的顾主和微型计算机用户十分关心的问题。如果微型计算机能够具备这些功能以及其它一些功能，则它们就能用来运行这些程序，当然用户也可根据自己的要求自行建立这些功能。

一些用户可能对游戏、商业应用或教育应用感兴趣。但是，不管其感兴趣的领域是什么，图形都可能是一种非常有价值的辅助手段。生动有趣的图象能增强游戏的表演效果和保持长久的吸引力，街头游戏“空间入侵者”（Space Invaders）就极好地说明了这一点。要想显示商业信息，如果不用数字方式，而是用图表、直方图或其它适当的图形方式的话，就更容易被人所理解。教育程序似乎更能吸引用户的注意力。如果这些程序采用有吸引力的和有趣的图形，就能达到其教育目的。实际上，图形的应用可以使微型计算机成为一种有用的和与众不同的工具，处于独特的地位。当然，图书是教育和信息传递的一种良好的媒介，但是如果将计算机用于同一目的，则它需要呈现出某些优于图书的长处。只要利用富有想象力的图形效果来保持其趣味性并启发更进一步的应用，微型计算机就能表现出极其明显的优点。

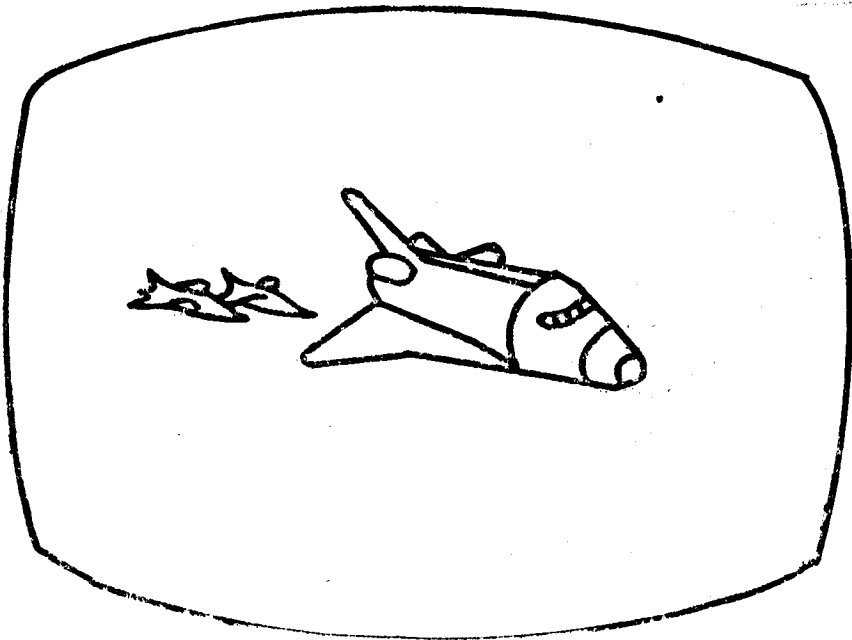


图 1.1 由线连图形系统生成的图形显示

计算机绘图本身并不是什么新东西。从本世纪50年代起,大型计算机就一直从事图形设计。随后,小型计算机也开始用于图形设计。但是,如果利用大型计算机,就必须把昂贵的专用绘图设备连接到价格已很昂贵的大型计算机上,只有这样才能进行图形设计。微型计算机的巧妙之处就在于机器本身就具有图形设计能力。而且,微型计算机价格适宜,许多人都能购置,因此大量用户愿意使用微型计算机进行图形设计。与此相反,大型计算机图形设计只能适用于少数高级公司,其原因是大型计算机不仅价格昂贵,而且一般都安装在诸如研究试验室和大学等地,从而妨碍了大多数人的使用,况且使用这种计算机还需要具有高水平的专门技术。微型计算机图形设计最大的一个优点是图形绘制易于实现,只要具备少量的程序设计专门技术,用户就可按照自己的意愿生成所需要的图形显示。

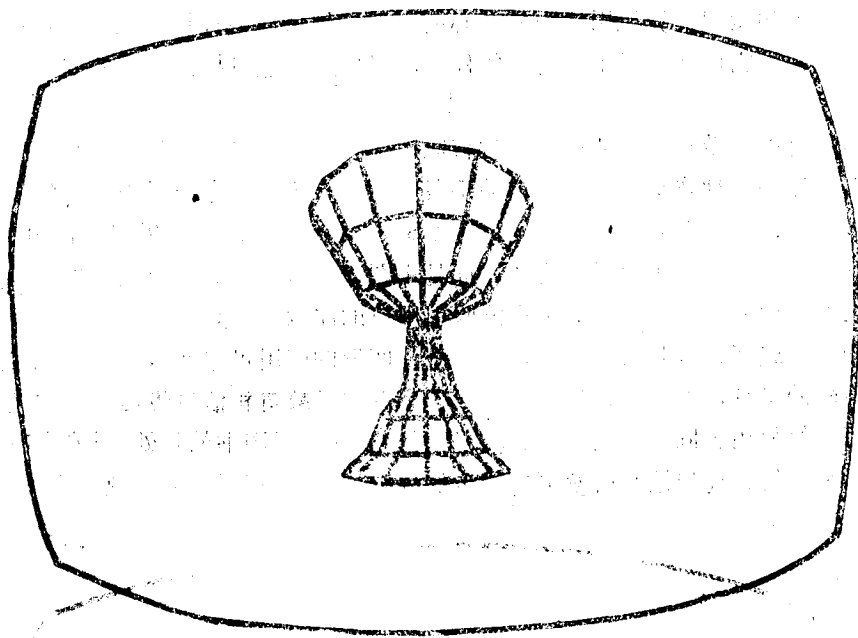


图 1.2 由线连图形系统生成的图形显示

微型计算机由于采用了电视图象显示技术,能方便地利用该技术进行图形设计。历经几次演变之后,目前这种显示技术亦用在大型计算机的图形设计显示中。因此,微型计算机可以根据大型计算机图形设计中研究出来的专门技术进行图形设计。由于微型计算机费用很低,因而它们所能生成的图形显示显然无法与价格昂贵的现代大型计算机图形显示相抗衡,当然也不会有人苛求微型计算机达到这一点。但是,利用诸如 BBC 和 Atari 一类的微型计算机所生成的某些图形已达到不久前只能由大型计算机所达到的水平。图1.1和1.2示出了利用这些微型计算机所生成的具体图形显示。

§1.1 微型计算机的图形设备

目前,微型计算机所拥有的图形设备种类极其繁多,但大致上可以分成三种类型。这三种类型我们一般叫做块拼图形(block graphics)、象素图形(pixel graphics)和线连图

形(line graphics)。所有的微型计算机均可在其显示屏幕上提供矩形点阵,其图形显示可通过使一些点增亮,另一些点变暗的方法来生成。换句话说,亦即用接通某些点和断开另一些点的方法生成图象(这里假设显示器为单色,不考虑彩色的合成,但其中的原理基本相同)。三种图形设备的主要区别在于程序员能够直接选取的最小点组的大小不同。

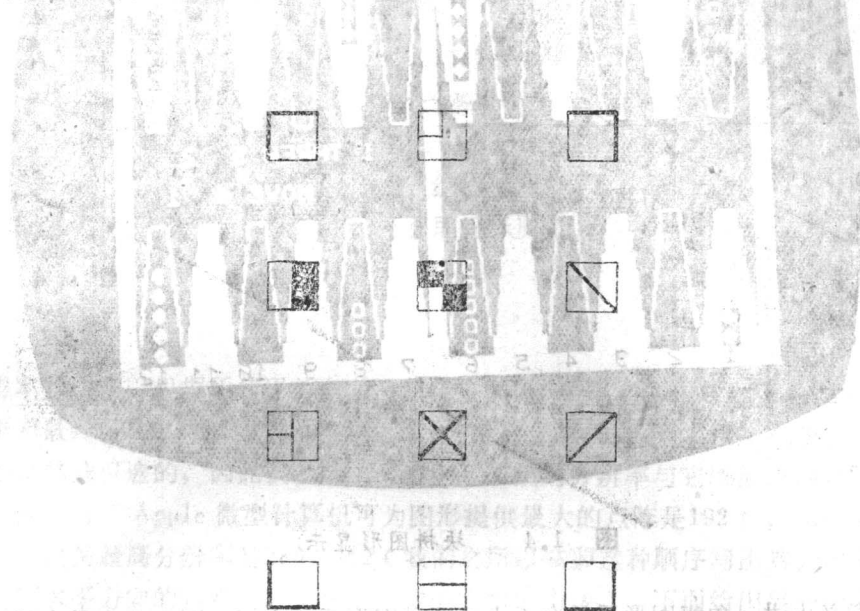


图 1.3 一些通用的块拼图形字符

块拼图形是我们用来表示诸如 Commodore PET 微型计算机所具有的绘图能力的术语。在这种微型计算机上除了能够打出字母和数字之外,也能用完全相同的方式打出任何图形字符。这样,利用块拼图形系统,就能以大致相同的方式打出一个图形,就像人们可以打出一段文字那样。显然,这样一种图形系统的能力受到了所提供的图形字符的限制。这是一种相当原始的生成图形的方式,但是它却给出了一套精心设计的图形字符和一些精巧的处理方法,从而使其能够生成真实的和极其复杂的图象。

图 1.3 给出了一组图形字符。这些字符是所有具有块拼图形能力的微型计算机都具有的图形字符的子集。图 1.4 给出了利用这些字符所生成的图象。根据上述分类方法,在块拼图形系统中,主要一点是程序员所能选取的最小点组是一组具有一定大小的字符。举例来说,在 PET 微型计算机上就是 8×8 点的矩阵。

在某种意义上讲,带有线连图形设备的微型计算机生成复杂图形甚为方便。Apple 和 Atari 微型计算机就属于那些具备这种能力的微型计算机之列。这些微型计算机在其 BASIC 语言中包括诸如 MOVE 与 DRAW 这样的命令(当然 PLOT 命令同样也很常用)。利用这些命令,绘图头可以在显示屏幕上移动,并在现有位置和所规定的位置之间画出一条线。利用这一功能,微型计算机就能绘出图 1.1 所示的高度复杂的图象,并且有可能画出图象的精确的细节,因为程序员能任意选取显示屏幕上的每一个点。

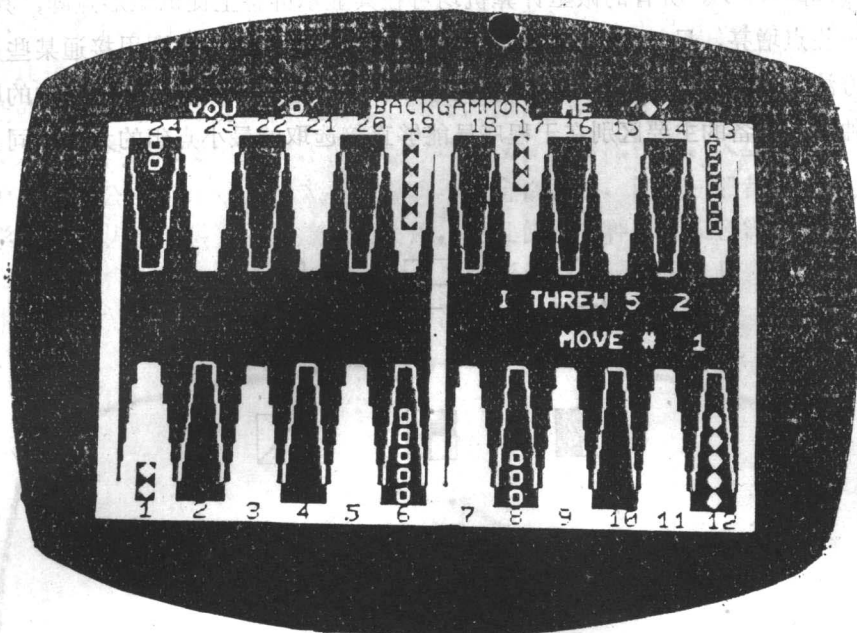


图 1.4 块拼图形显示

从某种意义上讲，象素图形系统介于上述两种图形系统之间，图 1.5 中示出了采用这种图形系统的微型计算机（实际上是 Tandy TRS-80）生成的典型图形，象素图形系统基本上还是以字符为基础，但它还有一组专用的图形字符。在这种图形字符中，每个字符被分成相

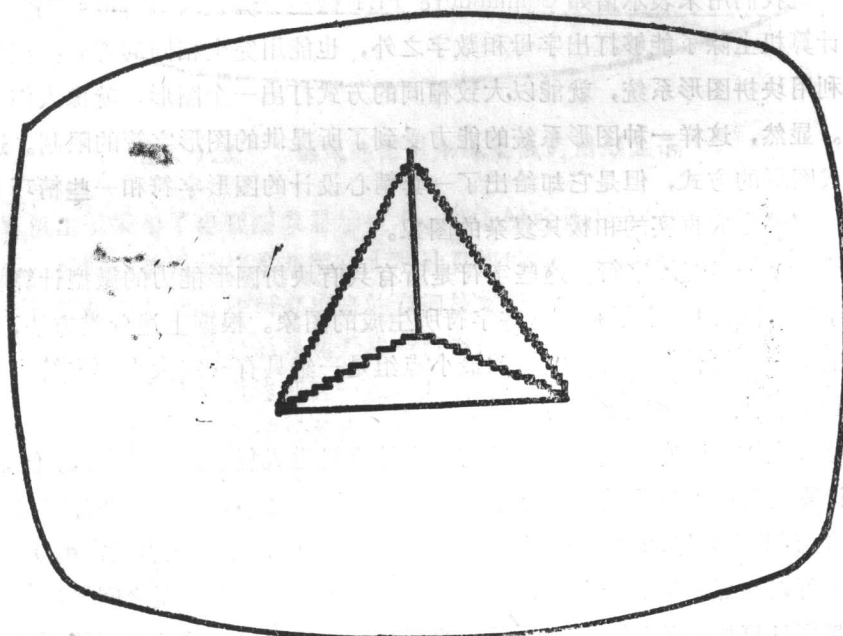


图 1.5 象素图形显示

等的几部分，典型的分成六部分。图 1.6 中示出的就是一些这样的字符。利用适当的专用字

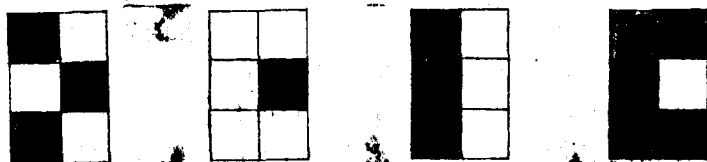


图 1.6 一些象素图形字符

符，程序员就能有效地选取大小仅为字符点组六分之一的点组。用这种方法，能够选取比块拼图形系统点组小得多的点组，但仍不能存取显示屏幕上各个单独的点。

§1.2 分辨率

分辨率概念可以根据所使用的各种图形系统来解释。分辨率主要是指所显示图象的清晰度。分辨率最终要由系统为构成显示图象所能提供的点数来决定。由于在线连图形系统中所有的点均是单独可选的，因此我们可以认为这种系统的分辨率与它所能提供点阵的大小是一回事。这样，由于 Apple 微型计算机可为图形提供最大的点阵是 192 行，每行 280 个点，因此我们可以说其最高分辨率是 280×192 （我们之所以按照这种顺序写出其分辨率，是因为我们选择先写水平方向的点数，后写垂直方向的点数的方法）。下面给出另一个实例加以说明。Atari 微型计算机的最高分辨率是 320×192 ，因为它们所提供的最大点阵由 192 行构成，每行 320 个点。

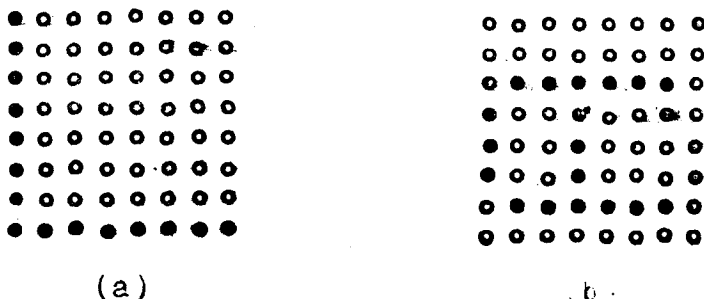


图 1.7 (a) 字母 A 的点图。(b) 块拼图形字符的点图。

在块拼图形系统中，正如我们所看到的那样，不可能选取显示屏幕上的单个点，仅能选取字符的位置，即在该位置安排一个点阵。这样，当打字母“A”时，就给出了图 1.7 (a) 中所示的点阵，图 1.7 (b) 示出了打一个典型图形字符的结果。现举例说明如下。PET 微型计算机的显示屏幕由 25 行构成，每行能容纳 40 个字符，因而其分辨率可以说成是 40×25 。由于每个字符都被规定为一个 8×8 的点阵，因此显示屏幕的实际组成是 200 行，每行 320 个点。根据这种方法计算，显示屏幕潜在的分辨率为 320×200 。这样我们可以看出，该系统的特特点是块拼图形系统的潜在分辨率大大高于程序员所能获得的实际分辨率。

象素图形系统的分辨率一般会超过块拼图形系统，因为它拥有专用的象素图形字符。例

如 Tandy TRS—80 微型计算机的显示屏幕由 16 行组成，每行共有 64 个字符位置，但其专用图形字符允许每个字符位置再细分成 3 行 2 列。用这种方法所能获得的实际分辨率为 $(2 \times 64) \times (3 \times 16)$ ，即 128×48 。当然，这仍低于潜在的分辨率，但与同类的块拼图形系统的实际分辨率相比，它还是十分接近潜在的分辨率的。

高分辨率图形 (high-resolution graphics) 和低分辨率图形 (low-resolution graphics) 这两个术语经常出现在论述微型计算机绘图的文章中。我们可以说，一个能始终如一地生成精细图象的系统就是一个能生成高分辨率图形的系统。尽管分辨率是个与判别力有关的问题，但是要生成高分辨率图形至少需要 256×192 个象素的分辨率。按照这个观点，大多数线连图形系统均能生成高分辨率图形，而象素和块拼图形系统只能生成低分辨率的图形。

§1.3 缺少标准化

读者大概已经清楚了，微型计算机的绘图设备几乎都是非标准化的。如果有人对此表示怀疑，则他们只需要查阅一下附录中各种微型计算机绘图设备的资料就清楚了。甚至一些能够处理线连和块拼两种图形的系统也常常不符合前一节所介绍的简单分类法，就是符合专门分类法的所有微型计算机也可能会存在较大的差异。其主要差异点包括下述几项：

- (a) 每行点数，
- (b) 每列点数，
- (c) 每行字符位置数，
- (d) 字符行数，
- (e) 各行的次序 (从上到下，或从下到上)
- (f) 给定字符的点阵大小，
- (g) 把字符位置分成象素的方法。

由于存在这种多样性，要制定出一种通用的微型计算机图形处理方式是件非常不容易的事。把系统分成线连、象素或块拼可能多少简化了这项工作。然而存在几条控制图形显示生成的基本原理。本书的目的不仅在于弄清楚它们的概念，而且也将给出采用任一种微型计算机进行图形设计的方法。

§1.4 提要

所有的微型计算机都用电视显示屏幕作为显示屏幕，它们不是采用电视机的显示屏幕，就是采用计算机本身的显示屏幕。为了生成图象，微型计算机在显示屏幕上提供一个矩形点阵，使矩形点阵中一些点发亮，另一些点变暗就可生成一个具体的图象。微型计算机的绘图装置是按用户选取点的要求分类的。如果这个系统只允许选取用来显示字符的点阵，则该系统就叫做块拼图形系统。如果能够单独选取字符点阵的一部分，则这个系统就叫做象素图形系统。最后，能够独立地选取每个点的系统叫做线连图形系统。它们所显示图象的粒度按块拼图形、象素图形和线连图形的顺序依次减小。

某些微型计算机不采用这种分类方案。实际上，微型计算机的绘图设备几乎都未实现标准化。但是，本书中所介绍的这种分类方案对于了解计算机图形原理在微型计算机中的应用是十分有益的。

第二章 图形显示的生成

微型计算机利用电视技术生成图形显示。它们既可以连接到能生成显示的电视机上，也可以拥有自己的机内电视显示屏幕。因而，微型计算机必须能够产生电视信号，用以驱动其显示器。电视图象由若干线条构成，电视信号包含一些标记与线条对应的信号部分的专用脉冲。另外，电视信号还有一些用来标志组成图象的线条组的脉冲。图2.1(a)示出了线条是如何组成电视画面的，图2.1(b)示出了对应于一根线条的部分电视信号，图2.1(c)示出了对应于一个画面的部分电视信号。

正如我们已经看到的那样，微型计算机图形显示是象图2.2(a)中所表示的那样，由许多点构成。画面上某一线条上的点由相应的电视信号的定位脉冲产生。当信号中出现脉冲时，脉冲就使一个点发亮，如果信号中没有脉冲，则这个点就不会发亮。图2.2(b)示出了微型计算机产生的部分电视信号，这些电视信号能在显示屏幕上产生一串亮点。

当电视机正在显示一个程序时，电视信号是连续地送进电视机的。由于电视画面在不断地更新，因此电视机不需要配备存储器。微型计算机所产生的电视信号必须是连续地产生。因此，微型计算机必须能够存储将以某种方法显示的图象（此处我们暂不考虑微型计算机存储器部分）。由于显示画面要一直不断地进行变换，因此微型计算机必须采用读写存储器即随机存取存储器（RAM），以存储要在显示屏幕上显示的图象。这种存储器叫做显示屏幕随机存取存储器（Screen RAM）或视频随机存取存储器（Video RAM）。

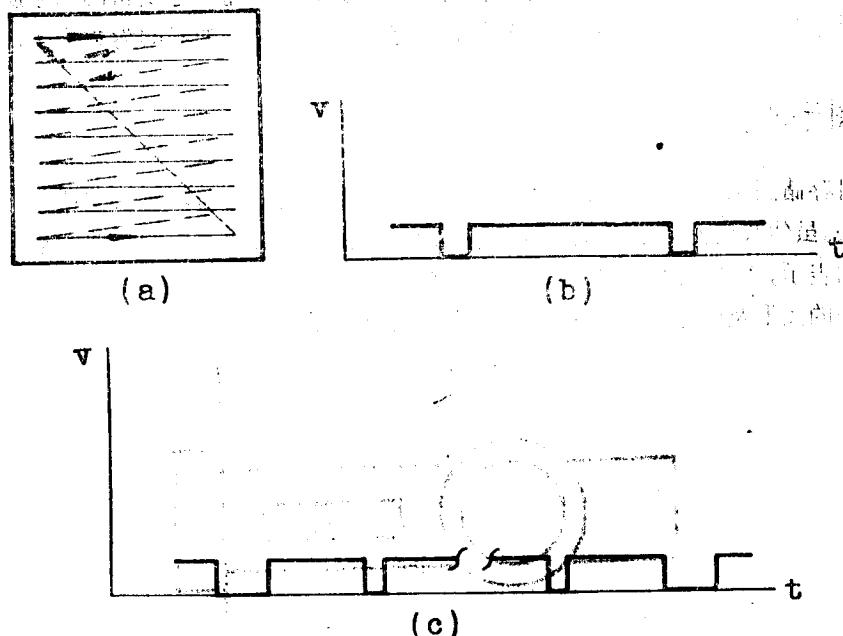


图 2.1 (a) 电视画面的扫描图。(b) 对应一条线的电视信号。
(c) 对应一幅画面的电视信号。

如果一种图形的显示图象存储在存储器中，则这种类型的图形就叫做存储器映象图形 (memory mapped graphics)。显示屏幕图象存储在存储器中所采用的方法，对于不同的计算机来讲各不相同。而显示屏幕图象存储在具体计算机中的方法叫做显示屏幕存储器映象 (Screen memory map)。

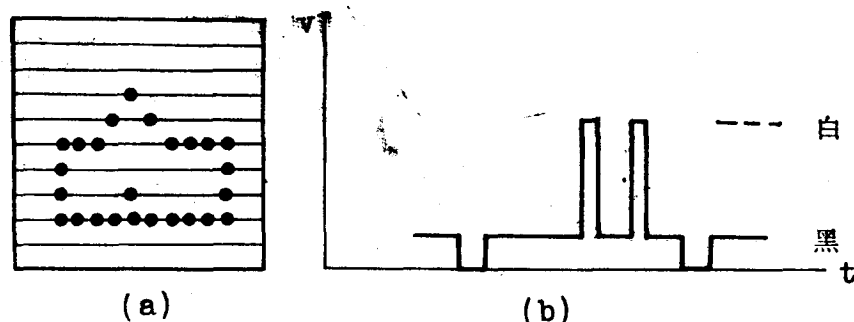


图 2.2 (a) 构成画面的点图；(b) 使一条线上的两个点发亮的电视信号

这里有一点需要说明一下：有些微型计算机即能驱动标准电视机，也能驱动电视监视器。在这种情况下，监视器所显示的图象的质量总是很好的，画面显示相当鲜明清晰。这是由于监视器可以直接接受最初由微型计算机产生的视频信号，而电视机是接收传播给它的射频信号。因此，当微型计算机与电视机一起使用时，必须用它的视频信号调制射频载波，以形成适合电视机使用的、类似广播电视信号的信号。电视机接收到射频调制信号之后，立即进行解调，以产生能驱动其显示器的视频信号。如果采用监视器，则不需要调制和解调处理。信号的调制与解调在某种程度上必然会引起信号的衰减，从而使电视机的图象质量低于监视器的图象质量。当然，实际上大多数人家只有电视机，有监视器的为数不多。

§2.1 图形种类

在探讨存储图象和显示图象的各种方法之间的相互关系之前，有必要研究一下各种项目的表示方法。虽然我们介绍了微型计算机存储器存储的图象，但重要的是要知道所存储的实际上是图象的表示，并非是图象本身。如果我们想要控制计算机所生成的图象，则理解计算机中诸如点阵的图形及颜色等项目的表示方法是相当重要的。

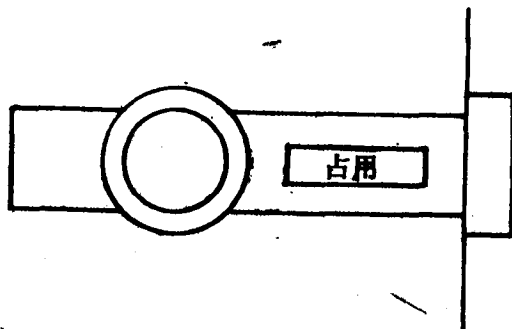


图 2.3 双态器件

首先，大家知道，具有两种不同状态的器件可以用来表示两种不同的事物。它可以表示二进制数字0和1、“断开”和“接通”黑色和白色或我们想要选择的任何一对其它事物。电灯开关就是大家所熟悉的双态器件的一个例子。开关置在上下不同位置，电灯就接通或断开（当然开关也控制电灯的状态），图2.3所给出的安排能表示出房间内是否有人。

位2	位1	开关2	开关1
0	0	断	断
0	1	断	通
1	1	通	通
1	0	通	断

图 2.4 一对双态器件所能呈现的四种状态

计算机存储器由许多双态元件集合而成。通常，这些元件能够按正向或反向被磁化，因而每个元件都可以表示两种项目中的一种。一个元件一般被叫做一位 bit。虽然有些含糊，但人们还是把一个元件所表示或存储的内容叫做一位。“位”这个术语是一位二进制数（binary digit）一词的缩写。一位二进制数可以写作0和1。如果我们有二个双态器件，则我们就能表示四种项目。因为正如图2.4所示的那样，一对双态器件可给出四种不同的状态。如果我们有三个双态器件，则这个组合就可给出八种不同的状态，如图2.5所示，它能够用来表示八种不同的内容，如图中所示的八种颜色。

通过图2.4和2.5的分析证明，如果在现有的一对双态器件基础上，再增加一个双态器件，则所表示的状态数量就会增加一倍。那对双态器件仍可保持其原有的各种状态，只要在其各种状态上加上第三个器件先后所给出的两种状态即可。这样，每增加一个双态器件，所能表示的状态数量就可增加一倍，如下表所示。

000	白
001	红
011	橙
010	黄
110	绿
111	蓝
101	紫
100	黑

图 2.5 三个双态器件可以呈现八种状态，并表示八项内容

- 用一位可以表示两个项目。
- 用二位可以表示 $2 \times 2 = 2^2 = 4$ 个项目。
- 用三位可以表示 $2 \times 2^2 = 2^3 = 8$ 个项目。
- 用四位可以表示 $2 \times 2^3 = 2^4 = 16$ 个项目。
- 依此类推。