

Notas de Aula

Introdução a Computação Gráfica

IMPA - Instituto de Matemática Pura e Aplicada

Autores

Jonas de Miranda Gomes

Luiz Carlos Pacheco Rodrigues Velho

Paulo Roma Cavalcanti

Intituições

IMPA - Instituto de Matemática Pura e Aplicada

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, Brasil

Capítulo 1

Dispositivos Gráficos

Os equipamentos desempenham um papel bastante importante na computação gráfica, não só pela relevância da imagem como um dos produtos da atividade, mas também pela influência que as características dos equipamentos exercem nos processos computacionais da área.

Neste capítulo advoga-se que a representação dos dados no computador e a apresentação da imagem nos equipamentos gráficos formam uma via de mão dupla, com muitas interrelações e interdependências. Serão estudados os equipamentos com relação a certos critérios de classificação, em particular do ponto de vista da classificação funcional e, em cada caso, serão dados exemplos de equipamentos que utilizam os diversos formatos de dados gráficos.

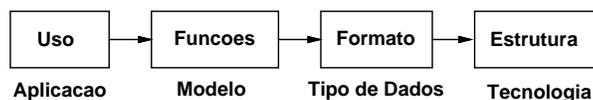


Figura 1.1: Modelo Conceitual.

1.1 Formato de Dados Gráfico

Existem dois formatos básicos para a representação e o armazenamento de dados gráficos no computador: o *formato vetorial* e o *formato matricial*. O formato vetorial é utilizado, em geral, para descrever a estrutura geométrica dos objetos gráficos, enquanto o formato matricial está freqüentemente associado à imagem digital.

1.1.1 Formato Vetorial

No formato vetorial, os dados são representados por unidades básicas de informação, descritas por coordenadas em um espaço vetorial. Estes elementos são associados a posições ou a vetores deste espaço. No primeiro caso, eles podem ser usados na especificação dos pontos iniciais e finais de segmentos de reta, vértices de polígonos e malhas de controle de curvas ou superfícies paramétricas. Já no segundo caso, eles podem especificar forças, direções ou orientações. A dimensão do espaço vetorial determina o número de coordenadas de seus elementos básicos. Além disso, o espaço pode ser contínuo ou discreto, tendo suas coordenadas representadas por números reais ou inteiros, respectivamente.

As informações geométricas, em muitos casos, precisam ser complementadas por informações topológicas para especificar completamente o modelo de um objeto gráfico. Este assunto será discutido em profundidade nos capítulos dedicados à Modelagem.

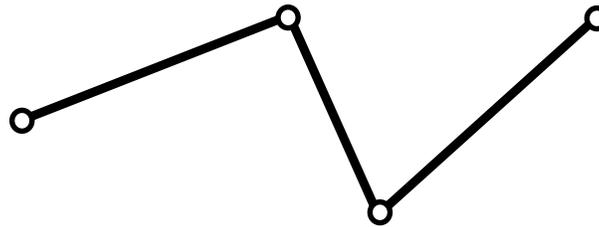


Figura 1.2: Formato Vetorial.

1.1.2 Formato Matricial

As imagens digitais são tratadas no capítulo ???. Entretanto, no que se segue, define-se este conceito de uma forma um tanto limitada, porém suficiente, ao propósito de estudo dos equipamentos gráficos.

Uma *imagem digital* é uma matriz $M \times N$ onde cada elemento da matriz é um elemento de um espaço vetorial V . O caso mais comum é quando V é um espaço de cor. Chama-se de *resolução* da imagem à ordem $M \times N$ da matriz. De modo análogo, define-se *imagem volumétrica* tomando matrizes de ordem $M \times N \times P$, onde cada entrada também é um elemento do espaço de cor. É comum utilizarem-se os termos *imagens bidimensionais* e *imagens tridimensionais* para cada um dos dois casos, respectivamente.

O formato matricial de dados permite a representação de imagens bidimensionais e volumétricas. Note-se que a estrutura da matriz determina implicitamente a conectividade de seus elementos. Cada elemento é chamado de *pixel*.

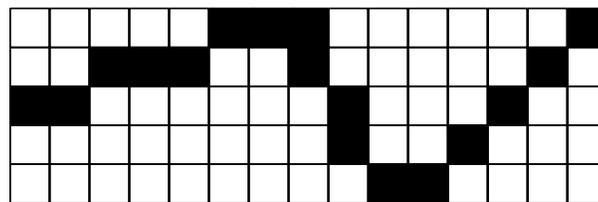


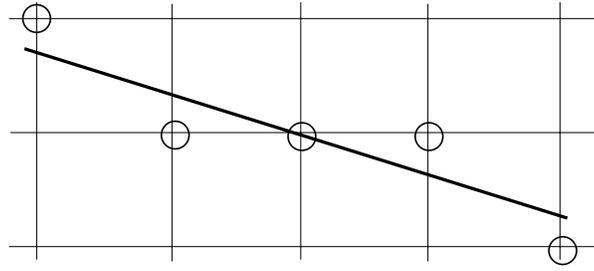
Figura 1.3: Formato Matricial.

1.1.3 Conversão entre Formatos

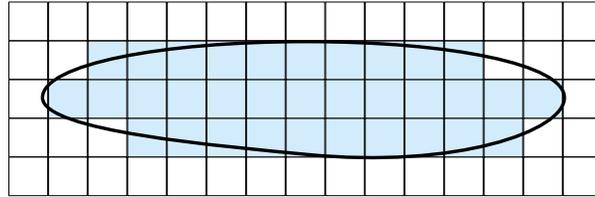
A conversão entre formatos é desejável e muitas vezes necessária.

Dá-se o nome de *rasterização* à transformação de dados do formato vetorial para o formato matricial (fig. ?? (a)). Essa técnica, que constitui uma parte fundamental dos algoritmos de síntese de imagens, é estudada em detalhe no Capítulo ??.

A transformação oposta, ou seja, de dados no formato matricial para o formato vetorial, é chamada de *segmentação* e faz parte da área de Visão Computacional. Essa conversão, em alguns casos, não é bem definida, sendo impossível de ser realizada (fig. ?? (b)).



(a)



(b)

Figura 1.4: Conversão entre Formatos.

1.2 Classificação dos Dispositivos

Os dispositivos gráficos são projetados usualmente de forma a privilegiar um dos formatos de dados descritos acima. Isso não significa que um tipo de equipamento somente possa operar com um determinado formato de dados. Os dispositivos do tipo matricial podem, por exemplo, reproduzir segmentos de reta utilizando processos de rasterização. Alguns equipamentos deste tipo dispõem até mesmo de suporte em hardware para tal operação. Embora não seja tão comum, os dispositivos do tipo vetorial podem também reproduzir imagens utilizando padrões de linhas. Por exemplo, em mapas e desenhos técnicos, vários tipos de hachuras são empregados para diferenciar áreas, simulando tonalidades de cinza.

A evolução dos equipamentos gráficos reflete, de uma certa forma, o desenvolvimento da computação gráfica como um todo. Inicialmente, quando havia uma grande preocupação com a modelagem geométrica, os dispositivos vetoriais eram mais populares. Depois, com a ênfase na síntese de imagens sofisticadas, os equipamentos matriciais passaram a ser mais utilizados. Atualmente, a tendência é a busca de soluções integradas, combinando dispositivos do tipo vetorial e matricial nas diversas fases do processo da computação gráfica para atender classes específicas de aplicações. De um modo geral, os dispositivos vetoriais estão vinculados à especificação e manipulação dos modelos geométricos, enquanto que os dispositivos matriciais estão relacionados com a exibição e o processamento de imagens.

Além disso, vários fatores de natureza técnica, industrial e econômica, determinaram a evolução dos equipamentos gráficos. Os dispositivos do tipo matricial necessitam do uso de muita memória para armazenar a imagem. Por outro lado, os dispositivos do tipo vetorial se beneficiaram da tecnologia de radar, numa época em que o custo da memória inviabilizava o uso de dispositivos de formato matricial (década de 60 e 70). Já os dispositivos do tipo matricial foram impulsionados na década de 80 por dois fatores:

a queda do preço de memória, e a revolução nas comunicações que a televisão provocou (neste capítulo será visto que os dispositivos de saída gráfica mais comuns utilizam o formato matricial e se baseiam na tecnologia de monitores de televisão). Os avanços recentes nas áreas da supercomputação e da computação paralela têm tido um impacto significativo nos dispositivos de processamento gráfico.

1.2.1 Critérios de Classificação

No estudo dos dispositivos gráficos é necessário criar abstrações das suas características operacionais, de modo que o vínculo entre programas e equipamentos não se transforme num fator de dependência. Vários aspectos contribuem para o estabelecimento de critérios para uma classificação dos equipamentos gráficos. Nessa análise há categorias de equipamentos estruturadas, hierarquicamente, segundo dois pontos de vista: o funcional, e o do formato dos dados gráficos.

Em relação ao critério funcional, dividem-se os dispositivos gráficos em:

- equipamentos de entrada;
- equipamentos de processamento;
- equipamentos de saída.

Quanto ao formato de dados os dispositivos gráficos se dividem em equipamentos do *tipo vetorial* e do *tipo matricial*. O diagrama da figura ?? mostra como essas classificações se relacionam.

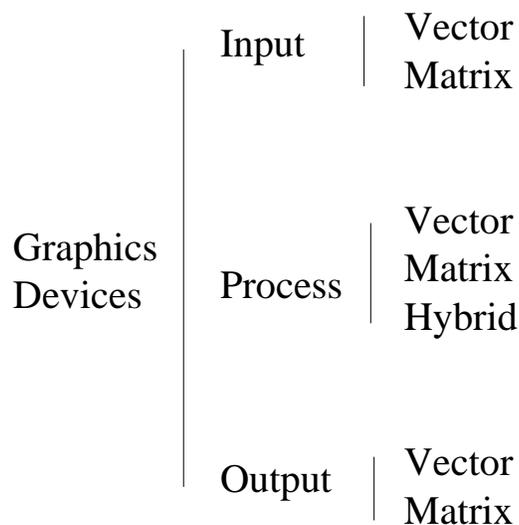


Figura 1.5: Classificação dos Equipamentos.

1.3 Equipamentos de Entrada Gráfica.

Os equipamentos de entrada de dados gráficos são equipamentos de captação de informações gráficas. Do ponto de vista do formato da imagem, os dispositivos podem ser classificados como vetoriais e matriciais.

Os dispositivos de entrada vetorial são em sua maioria utilizados como componentes de estações gráficas interativas. Um exemplo típico é o “mouse”, componente indispensável em uma estação de trabalho interativa que utilize ambiente de janelas.

Os dispositivos de entrada matricial são tradicionalmente utilizados de modo não-interativo, devido, principalmente, ao grande volume de dados que devem ser manipulados. Esta situação tende a se modificar com a evolução dos equipamentos de aquisição, exibição e processamento de imagens, que poderão tornar possível aplicações em tempo real envolvendo dados matriciais.

1.3.1 Dispositivos de Entrada Vetorial

Os dispositivos cujo sistema de coordenadas é absoluto são: a “light pen”, a “tablet”, o “touch pannel”, e o “3D-digitizer”. As características técnicas relevantes dos dispositivos de entrada vetorial absolutos são a sua resolução, linearidade, repetibilidade, e área de ação.

A *light pen* é um dispositivo bidimensional que funciona necessariamente acoplado a um terminal de vídeo. Este equipamento é composto por uma caneta com uma foto-célula na ponta ligada ao circuito de vídeo do terminal. Dessa maneira, é possível detectar pontos apresentados na tela e conseqüentemente sua localização. Este dispositivo surgiu com os primeiros equipamentos gráficos interativos. Atualmente ele caiu em desuso devido a alguns problemas técnicos apresentados.

O *touch pannel* também é um dispositivo bidimensional de entrada que deve ser integrado a um terminal de vídeo. Ele consiste em uma tela transparente, sensível ao toque, que é sobreposta à tela do terminal. Este dispositivo apresenta severas limitações em termos de resolução. Por este motivo, ele é indicado apenas para a seleção de objetos gráficos apresentados na tela. Um exemplo desse tipo de utilização pode ser visto em alguns terminais eletrônicos de banco.

A *tablet* ou *mesa digitalizadora* consiste em uma base plana e um instrumento indicador em forma de caneta ou bloco. No indicador existem um ou mais botões. O equipamento fornece a posição do indicador em relação ao sistema de referência da base, juntamente com o estado dos botões (“on” ou “off”). Além desses parâmetros, com relação aos dados de entrada, a tablet em geral é um dispositivo bidimensional. Porém em alguns dispositivos é possível especificar a pressão exercida na ponta da caneta e também a sua orientação. Nesse caso, o espaço vetorial de entrada tem dimensão 6 (i.e. posição (X, Y) , pressão (ψ, ρ) e orientação (α, β, γ)). Estes dados podem ser interpretados de maneira bastante efetiva em um programa de pintura eletrônica, para permitir a simulação de instrumentos tradicionais como o pincel, o crayon, etc. O instrumento indicador pode ou não estar ligado à mesa digitalizadora por um fio. A caneta sem fio possibilita uma interação mais natural, especialmente para aplicações de desenho livre.

O *3D digitizer* permite captar posição (X, Y, Z) e orientação (α, β, γ) no espaço tridimensional. Este dispositivo é constituído por um emissor magnético e um sensor que, em geral, tem a forma de uma caneta. Ele é bastante conveniente para digitalizar diretamente pontos na superfície de um objeto tridimensional.

Os dispositivos vetoriais que operam com referencial relativo são: o “mouse”, a “trackball”, o “joystick” e os “dials”. Esses dispositivos registram deslocamentos que são transformados em informações de movimento relativo. Isso implica que o programa de controle do dispositivo deve manter a posição corrente que é atualizada a cada movimento relativo.

O *mouse*, como foi dito anteriormente, é um dos dispositivos de entrada gráfica mais comuns atualmente, por estar associado à estações de trabalho que utilizam sistemas de janelas. Esse equipamento consiste em um pequeno bloco com botões de pressão, que se comunica com o computador.

A *trackball* é constituída por uma esfera que gira livremente numa base. Os movimentos de rotação em relação a dois eixos ortogonais são transformados em informações de posição de maneira semelhante à do mouse.

O *joystick* é formado por uma haste conectada a uma base. Em geral, o movimento da haste é transformado em um vetor de velocidades que controla a variação dos dados posicionais. Ou seja, na medida em que a haste se afasta do eixo central, a velocidade aumenta proporcionalmente naquela direção. Alguns tipos de joystick possuem um terceiro grau de liberdade, associado à rotação da haste. Esse dispositivo é utilizado com freqüência como interface de entrada dos vídeo-games.

Os *dials* são potenciômetros tipicamente montados em grupos de seis ou oito. Os potenciômetros fornecem valores escalares e podem ter uma faixa de rotação fixa menor do que 360 graus, ou podem permitir a rotação livre. No primeiro caso, o intervalo escalar dos dados é mapeado na faixa de operação do dispositivo, enquanto no segundo caso os dados são especificados de forma relativa.

1.3.2 Dispositivos de Entrada Matricial

A estrutura dos dispositivos de entrada do tipo matricial consiste em um sensor que capta sinais no espaço ambiente e um circuito digitalizador que converte esses sinais analógicos para o formato matricial.

O processo de conversão de uma imagem para uma imagem digital é conhecido como *digitalização*. Os dispositivos de entrada matricial são, em sua maioria, destinados à digitalização de imagens. Dependendo do meio no qual se encontra a imagem a ser digitalizada têm-se o “frame grabber”, o “scanner”, o “film scanner”, e o “depth scanner”.

O *frame grabber* faz a digitalização a partir de um sinal analógico de vídeo. O sinal de vídeo pode ser gerado diretamente por uma câmera ou por um equipamento de reprodução de vídeo. A resolução geométrica da imagem digitalizada é a resolução de vídeo, que é aproximadamente de 512×512 pixels. Os dispositivos mais sofisticados digitalizam com uma resolução de cor de 24 bits.

O *scanner* digitaliza a partir de imagens em papel. A imagem é colocada sobre uma superfície transparente, em geral plana ou cilíndrica, que se move numa direção ortogonal a um elemento de digitalização de linha. Este elemento se compõe de uma fonte de luz e de um sensor que mede a luz refletida linha por linha, em sincronismo com o deslocamento da imagem. A resolução deste dispositivo está situada entre 200 a 1500 pontos por polegada.

O *film scanner* digitaliza a partir de imagens em transparências utilizando o laser para maior resolução. Um feixe de luz precisamente colimado é dirigido ao filme e a quantidade de luz transmitida é medida por uma célula fotoelétrica. Este dispositivo pode atingir uma resolução superior a 2000 pontos por polegada.

O *depth scanner*, ao invés de digitalizar uma imagem, captura informações de uma cena tridimensional, produzindo uma matriz de coordenadas com a profundidade de cada

ponto da cena. A estrutura dessa matriz depende do processo de varredura utilizado. Os tipos mais comuns possuem varredura plana ou cilíndrica.

1.4 Equipamentos de Processamento Gráfico

Os equipamentos de processamento gráfico são computadores com uma arquitetura especial, orientada para a manipulação e processamento de dados gráficos.

Dois problemas recorrentes do equacionamento da arquitetura dos equipamentos gráficos de processamento estão relacionados com aspectos de funcionalidade e acoplamento. O primeiro aspecto diz respeito ao grau de especialização das funções do processador gráfico. Processadores especializados são mais eficientes e caros, enquanto processadores de propósito geral são mais flexíveis e baratos. O segundo aspecto diz respeito ao canal de comunicação do processador gráfico com o sistema de computação. Um alto acoplamento possibilita um acesso rápido aos dados do sistema, mas implica em grande interdependência. Em contrapartida, um baixo acoplamento permite maior independência entre o processador gráfico e o sistema, mas implica em uma comunicação restrita entre eles.

Estes aspectos estão claramente interrelacionados. Um processador gráfico especializado necessita de um canal de comunicação de alta capacidade porque muitas das funções gráficas serão realizadas pelo processador principal. Por outro lado, um processador gráfico mais geral dispõe de recursos para executar localmente grande parte das funções de visualização, podendo ter um canal de comunicação limitado com o computador principal.

Existe uma tendência na indústria de equipamentos gráficos que consiste em gradativamente adicionar funcionalidade aos processadores gráficos especializados, até que eles se tornam equivalentes a um computador de uso geral. A única opção, que existe então, é completar o ciclo voltando à especialização. Este fenômeno ficou conhecido como a “roda da reencarnação” (weel of reincarnation).

1.4.1 Dispositivos de Processamento Vetorial

Os dispositivos do tipo vetorial se destinam principalmente ao processamento de modelos geométricos. Eles atuam portanto sobre as coordenadas das diversas componentes dos modelos, tais como segmentos de reta, polígonos, e etc. Em função do número de processadores, podem-se ter dispositivos do tipo SISD (single-instruction, single data stream), ou MISD (multiple-instruction, single data stream).

Os dispositivos do tipo SISD são uniprocessadores que possuem instruções especiais para processamento de dados geométricos, do tipo multiplicação de matrizes por vetores.

Os dispositivos do tipo MISD são pipelines compostas de vários processadores organizados seqüencialmente. O processamento gráfico é dividido em etapas, onde cada processador é especializado numa classe de operações gráficas, como projeção, recorte, etc.

1.4.2 Dispositivos de Processamento Matricial

Os dispositivos do tipo matricial são equipamentos multiprocessadores utilizados para o processamento de imagens, para a rasterização (Capítulo ??) e outros algoritmos gráficos paralelizáveis. Há os dispositivos do tipo SIMD (single-instruction, multiple data stream),

ou MIMD (multiple-instruction, multiple data stream) com diferentes configurações dos processadores.

Os dispositivos do tipo SIMD são utilizados para realizar a mesma operação em vários elementos simultaneamente. Um exemplo desse tipo de equipamento é o computador de imagem Pixar.

Os dispositivos do tipo SIMD são processadores paralelos que se comunicam entre si. A maneira como eles estão interligados define uma topologia de rede e, conseqüentemente, o fluxo de dados. Um equipamento desse tipo é a estação gráfica Pixel Machine.

1.5 Equipamentos de Saída Gráfica

Os equipamentos de saída gráfica são equipamentos que permitem a visualização de dados gráficos. Podem ser subdivididos em dispositivos vetoriais ou matriciais, de acordo com o tipo de dado gráfico por eles manipulado. Dentre todos os equipamentos gráficos de saída, os *dispositivos de exibição de vídeo* são, sem dúvida alguma, os mais importantes e mais comuns. A tecnologia de vídeo implica em uma série de características comuns aos equipamentos vetoriais e matriciais. Por esse motivo, inicia-se esta seção analisando a estrutura básica dos dispositivos de exibição de vídeo. Em seguida discutem-se os detalhes específicos dos diversos tipos de equipamentos de vídeo no contexto dos dispositivos vetoriais e matriciais.

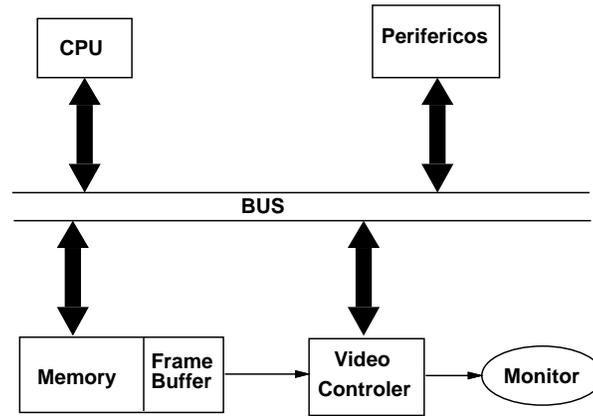
1.5.1 Dispositivos de Exibição de Vídeo

Um dispositivo de exibição de vídeo é constituído por quatro elementos: um monitor, um controlador de vídeo, uma memória de exibição (“frame buffer”) e um *conversor digital analógico* (fig. ??).

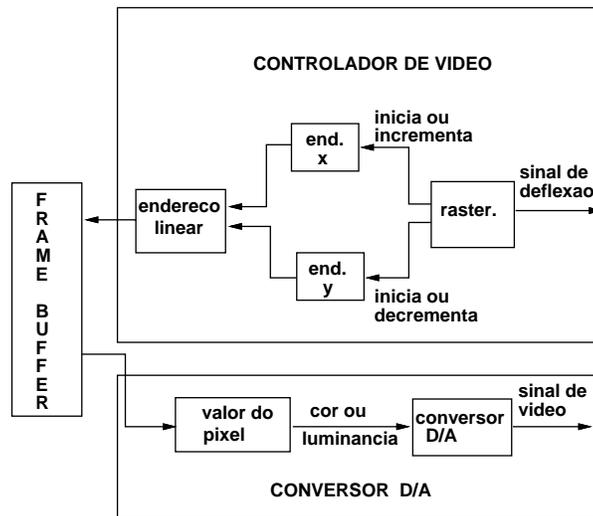
O *monitor de vídeo* (fig. ??) consiste em um tubo de raios catódicos com uma tela e um canhão que produz um ou mais feixes de eletrons controlado por um sistema de focalização e exploração. Em cada ponto da tela se colocam uma ou mais camadas de fósforo, de modo que, ao atingir um desses pontos, o feixe de eletrons provoca a emissão de radiação eletromagnética na faixa visível do espectro. O funcionamento básico de qualquer monitor de vídeo é bastante similar ao funcionamento de um monitor de televisão. No sistema NTSC *National Television System Cometeet.* e PAL-*MPhase Alternating Lines.* existem 525 linhas (483 visíveis) e 644 pixels por linha (razão de aspecto 4:3). Monitores para aplicações gráficas, no entanto, costumam ter uma resolução muito maior, algo em torno de 1024×1024 pontos endereçáveis.

O espaço de cor do monitor de vídeo depende do número de camadas de fósforo em cada ponto. Os monitores monocromáticos, ou de dois níveis (bitmapped), utilizam uma única camada de um fósforo que é sensibilizado com voltagem mínima ou máxima; os monitores que permitem a exibição de tons de cinza (gray scale) utilizam uma única camada de fósforo cuja sensibilidade produz uma radiação com a luminância proporcional à voltagem aplicada ao feixe de eletrons do canhão.

O espaço tricromático de cor é implementado por meio de três tipos de fósforo diferentes em cada ponto (e três feixes de eletrons), de modo que cada fósforo emite uma das cores primárias do sistema. A distância entre os centros dos pontos R, G e B define o *pitch* do tubo, que varia de 0.60 mm num monitor de televisão até 0.21 mm em monitores de alta resolução. Uma máscara metálica perfurada colocada à frente da camada de fósforo



(a)



(b)

Figura 1.6: Dispositivo de Vídeo.

garante que cada feixe de elétrons atinge e excita apenas o ponto correspondente ao tipo correto de fósforo.

Como a resposta luminosa do fósforo utilizado na tela decai exponencialmente com o tempo, a imagem precisa ser redesenhada periodicamente. O número de vezes por segundo que a imagem deve ser exibida na tela para que seja percebida como um fenômeno contínuo no tempo, é chamado de *freqüência crítica de fusão*. Este número é determinado por vários fatores, desde a persistência do fósforo, até a aspectos psicofisiológicos. Em média ele se situa próximo dos 50 Hz.

O *controlador de vídeo*, também chamado de DPU (Display Processing Unit), tem a finalidade de controlar o movimento de exploração na tela do feixe de elétrons, para que a imagem desejada seja produzida. Esse processo, denominado de *varredura*, pode ser aleatório ou regular. Na varredura aleatória, o feixe se desloca numa trajetória que segue o desenho das curvas da imagem. Na varredura regular, o feixe se movimenta de acordo com um padrão fixo que percorre toda a tela da esquerda para a direita e de cima para baixo, cobrindo-a por linhas horizontais. Este padrão regular é chamado de

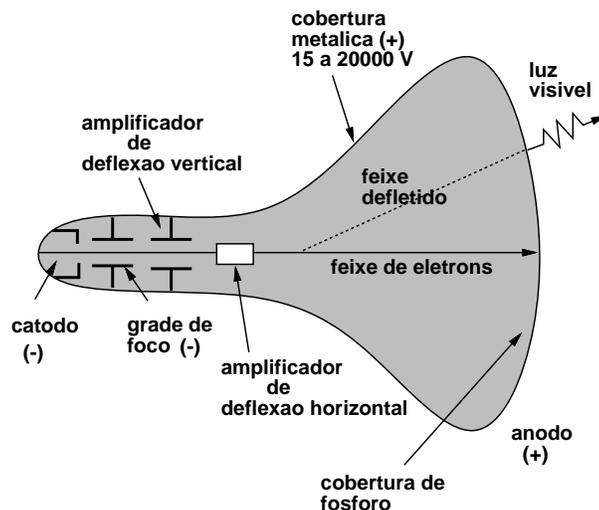


Figura 1.7: Monitor de Vídeo.

raster. A figura ?? ilustra os dois padrões utilizados. Os dispositivos de exibição vetorial empregam a varredura aleatória enquanto os dispositivos de exibição matricial empregam a varredura regular.

A *memória de exibição* (frame buffer) armazena os dados que vão ser utilizados para gerar a imagem. Através do conversor digital analógico os valores armazenados nessa memória são convertidos para uma voltagem que é utilizada pelo canhão para gerar o feixe de elétrons. Nos dispositivos matriciais, a memória de exibição é organizada em uma estrutura matricial de modo a armazenar os valores de cada cor dos pixels da imagem. O tamanho da memória de exibição determina a resolução de cor e a resolução geométrica da imagem. A resolução de cor está ligada diretamente ao tipo do espaço de cor do dispositivo. Podem-se identificar três tipos mais comuns de memória de exibição: os do tipo *bitmap* que utilizam 1 bit por pixel, sendo portanto monocromáticos com apenas dois níveis (preto e branco) (fig. ?? (a)); os do tipo *cor falsa* (“pseudo-color”) que utilizam de 2 a 12 bits para cada pixel, podendo reproduzir imagens monocromáticas e também imagens coloridas, em geral com auxílio de uma look-up table (fig. ?? (b)); os do tipo *cor real* (“true color”), que utilizam 24 bits por pixel, 8 bits para cada uma das componentes das cores primárias R (red), G (green) e B (blue). Vale ressaltar que mesmo monitores de exibição de vídeo que utilizam cor real podem possuir uma look-up table cuja finalidade é permitir alterações de cor da imagem de uma forma mais rápida e flexível, além de permitir que a correção gama seja feita por intermédio da look-up table. Nesse caso o esquema correto para os dispositivos de cor real é como mostrado na figura ?? (c).

Nos dispositivos vetoriais, a memória de exibição contém instruções de desenho com as coordenadas de tela dos objetos gráficos. Este conjunto de instruções, denominado de *lista de exibição* (“display list”), é executado ininterruptamente pela controladora de vídeo para manter a imagem visível na tela.

1.5.2 Dispositivos de Saída Vetorial

Os dispositivos de saída vetorial produzem imagens traçando segmentos de reta descritos pelas coordenadas de seus pontos iniciais e finais. Nesta categoria de equipamentos

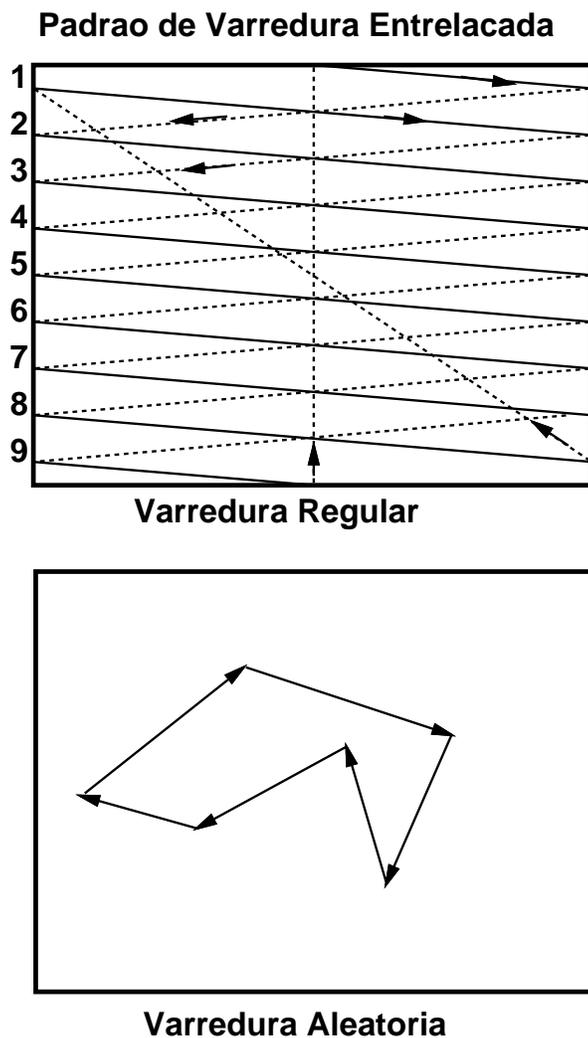


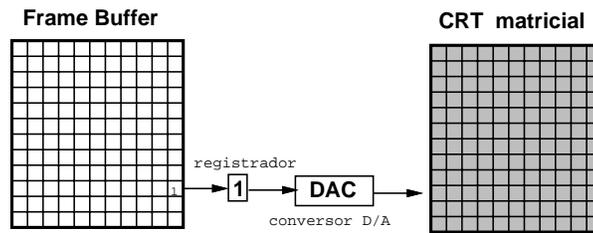
Figura 1.8: Padrões de Varredura.

estão: o *display caligráfico*, o *display de armazenamento*, e as *traçadoras*.

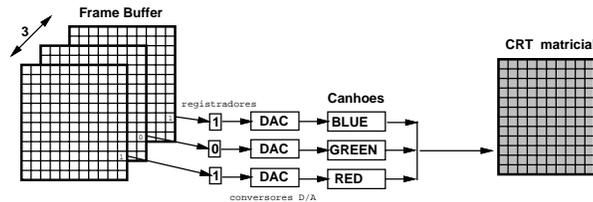
O *display caligráfico* é um dispositivo de exibição de vídeo interativo. O sistema de varredura é aleatório e o fósforo do monitor é de baixa persistência e distribuído de forma contínua sobre a tela, ou seja, o feixe de elétrons se movimenta livremente sobre a tela e a imagem precisa ser regenerada constantemente. Essas características permitem a manipulação dos dados em tempo real (fig. ??).

O *display de armazenamento* ou *DVST* (Direct View Storage Tube) dispõe de um monitor de vídeo com fósforo de alta persistência (cerca de uma hora no máximo). Nesse equipamento a imagem traçada é mantida na tela através de um circuito especial, sem necessidade de regeneração. Uma desvantagem desse tipo de monitor é que partes da imagem não podem ser modificadas sem que a imagem inteira seja apagada (o que leva cerca de um segundo) e redesenhada. Esses monitores têm uma importância histórica em Computação Gráfica: devido ao baixo custo, pelo fato de não necessitarem de uma memória de exibição, eles deram início a grande expansão das aplicações da Computação Gráfica nas diversas áreas ¹.

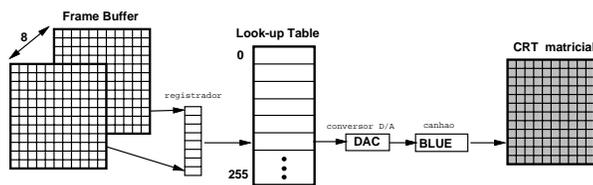
¹A importância desse tipo de display pode ser avaliada pelo seguinte fato. Esse foi o critério escolhido



(a)



(b)



(c)

Figura 1.9: Memória de Exibição.

As *traçadoras* são equipamentos eletromecânicos para o desenho de linhas sobre papel ou filme. Esse equipamento é constituído por um suporte para a superfície de desenho, e um mecanismo de controle do instrumento de traçado. Quanto ao suporte, as traçadoras podem ser de *mesa* ou de *tambor*. Quanto ao mecanismo de desenho, podem ser do tipo *contínuo* ou *incremental*.

pela SIGGRAPH para definir quem pode pertencer ao grupo dos Pioneiros da Computação Gráfica. A pessoa deve ter trabalhado na área antes do aparecimento do primeiro display DVST da Tektronix

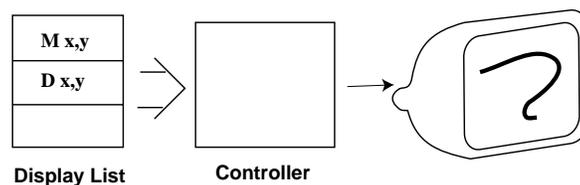


Figura 1.10: Display Caligráfico.

1.5.3 Dispositivos de Saída Matricial

Os dispositivos de saída matricial produzem imagens a partir de uma matriz de intensidades. Nesta categoria de equipamentos estão: o display raster, o painel de plasma, o display de cristal líquido, as impressoras de impacto, as impressoras gráficas, e o film recorder.

O *display raster* é um dispositivo de exibição de vídeo matricial. Ele consiste em um monitor, um controlador de vídeo e uma memória de display que armazena a matriz de imagem. Esse equipamento normalmente dispõe de uma “look up table” (fig. ??). Projetores de vídeo também podem ser utilizados nos displays raster em substituição aos monitores.

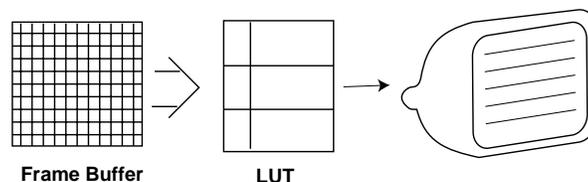


Figura 1.11: Display Raster.

O *painel de plasma* é constituído por uma matriz de células microscópicas de neon. Ele é um display monocromático, bitmap de armazenamento, não precisando portanto de memória adicional nem de regeneração da imagem.

O *display de cristal líquido* é semelhante ao painel de plasma, mas utiliza células de cristal líquido na matriz de imagem. Essa tecnologia tem um grande potencial, por permitir displays coloridos e monitores com tela plana.

As *impressoras de impacto* são destinadas principalmente para saída alfa-numérica. Algumas delas, do tipo “dot matrix”, têm capacidade gráfica. Possuem cabeças com um conjunto que contém de sete a vinte e quatro pinos (7, 9, 18 ou 24) que são impulsionados contra uma fita impregnada de tinta sobre o papel.

As *impressoras gráficas* podem utilizar uma técnica de reprodução a laser, eletrostática, térmica, ou por jato de tinta. As *impressoras laser* utilizam um raio de laser para sensibilizar os pontos que não aparecem na imagem (permanecem brancos), retirando a carga de um ponto (tornando-o negativo) sobre um cilindro rotativo de selênio — que é um material foto-sensível — carregado positivamente. Partículas de toner (carregado negativamente) são atraídas para a superfície do cilindro e, em seguida, transferidas para o papel (fig. ??).

As *impressoras eletrostáticas* carregam negativamente os pontos do papel — por meio de um pente com contatos elétricos — que devem receber tinta. É utilizado um toner carregado positivamente. As *impressoras térmicas* transferem seletivamente pigmentos de tinta para o papel por calor. As *impressoras da jato de tinta* possuem uma cabeça de impressão que lança gotículas de tinta no papel por meio de pequenos jatos. As impressoras gráficas podem ser monocromáticas ou coloridas.

O “*film recorder*” registra em película fotográfica imagens geradas por computador. Para reproduzir a cor, o filme é exposto três vezes, através de filtros, para as componentes de cor azul, verde e vermelha.

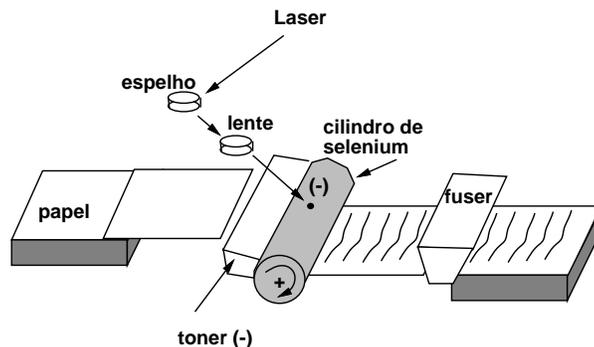


Figura 1.12: Impressora a Laser.

1.6 Estações Gráficas Interativas

As estações gráficas combinam dispositivos gráficos de entrada, saída e processamento em um sistema destinado ao uso interativo. Nesta seção descrevem-se os tipos mais comuns de estações gráficas, que podem ser classificadas em *estações caligráficas* e *estações matriciais*. Estas, por sua vez, se dividem em estações de baixa e alta performance. Além destas, existem estações com uma arquitetura dedicada para aplicações específicas, tais como o processamento de imagens em tempo real e a visualização de dados volumétricos.

As estações caligráficas são constituídas por um monitor de exibição de vídeo do tipo caligráfico, um processador de display e vários dispositivos de entrada, tais como teclado, mesa digitalizadora e dials. Um exemplo clássico desse tipo de equipamento são as estações da série PS-300 produzidas pela Evans & Sutherland (fig. ??).

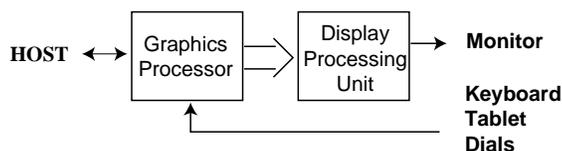


Figura 1.13: Estação Caligráfica.

As estações gráficas de baixa performance integram um computador de uso geral com um display bitmap, teclado e mouse. Opcionalmente, o display pode incorporar um processador gráfico para operações com imagens do tipo BitBlt (Bit Block Transfer). Um exemplo desse tipo de equipamento são as estações mais simples da linha “SPARCstation” da Sun Microsystems e da linha RS-6000 da IBM (fig. ??).

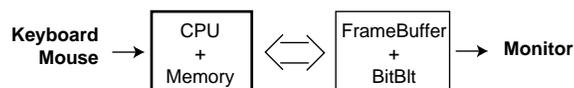


Figura 1.14: Estação Bitmap.

As estações gráficas coloridas de alta performance conhecidas como “super-workstations”

são os equipamentos interativos de tecnologia mais moderna. Elas são compostas por um display raster colorido, processadores gráficos organizados de forma seqüencial ou em paralelo, além de diversos dispositivos de entrada como teclado, mouse e dials (fig. ??). Exemplos desse tipo de equipamento são as estações gráficas IRIS da Silicon Graphics e a DN-10000 da HP/Apolo. A estação IRIS se utiliza de uma CPU com processamento paralelo, e de um processador gráfico com processamento vetorial e paralelo; A DN10000 se utiliza de processamento paralelo na CPU que é utilizada, também, para fazer operações gráficas.

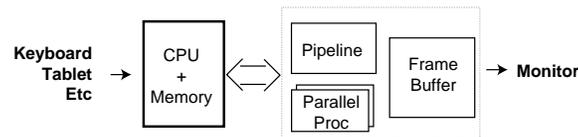


Figura 1.15: Estação Gráfica de Alta Performance.

Entre as estações gráficas do tipo bitmap com baixa performance, e as super-workstations, existe toda uma faixa intermediária de estações gráficas variando a capacidade de processamento da CPU e do processador gráfico.