

Display Design Technologies: Uma comparação entre tecnologias para a construção de monitores

Leandro Eiki Iriguchi^{†1}

Resumo. *As tecnologias para a construção de monitores gráficos sofreram inúmeras mudanças, desde os primeiros grandes e pesados monitores CRT, até monitores LCD, Plasma e LED, que permitiram a criação de monitores muito mais leves e finos. Esse artigo discute sobre diferentes tipos de tecnologias utilizadas ao longo dos anos explorando suas vantagens e desvantagens.*

1. Introdução

Monitores gráficos são parte integrante da tecnologia moderna, usados em diversas outras tecnologias. Diversas mudanças e avanços na área dos displays acompanham a demanda em criar dispositivos mais eficientes, menores e com maior capacidade de resolução. Dispositivos operando totalmente de forma elétrica evoluíram de aparelhos eletromecânicos, como os *vane display*. Por muitos anos, monitores utilizavam tubos de raios catódicos (CRT), tecnologia presente desde em televisores, como em aplicações mais especializadas, tais como *computer-based business data* (DAWSON, 2003).

Com as desvantagens dos displays CRT, como peso e tamanho, começaram a popularizar tecnologias como o LCD (Liquid Crystal Display), que se mostraram um potencial a longo prazo para a criação de telas maiores e finas. A busca por melhorar as interações entre humanos e máquinas, também necessitavam de displays que possibilitem interações mais sofisticadas. Dessa forma, os displays deveriam ser planos e leves, capazes de se integrar com outras tecnologias eletrônicas, o que implica em um baixo consumo de energia; e devem ser capazes de converter sinais eletrônicos de saída de uma infinidade

de equipamentos eletrônicos em imagens ópticas de alta qualidade (SCHADT, 1997).

O uso do LCD contribuiu para o desenvolvimento de telas planas, o chamado *flat-panel display* (FPD), o que permitiu a criação de monitores mais leves, finos, melhor capacidade de resolução de imagem e consumo menor de energia. O surgimento de outras tecnologias como Plasma e LED, substituíram os monitores CRT. O avanço na microeletrônica, com advento de microprocessadores e dispositivos microeletrônicos, muito mais elementos de imagem individuais (pixels) poderiam ser incorporados em um dispositivo de exibição.

Hoje em dia, tecnologias como *Organic Light-Emitting Diode* (OLED) e *Quantum Dot Light Emitting Diode* (QLED) permitem uma alta resolução de imagem em uma fina membrana, o que proporcionou a criação de displays flexíveis. A construção de monitores passou por várias etapas e várias tecnologias foram desenvolvidas ao longo dos anos, cada uma com duas características, que buscavam oferecer melhorias em relação às aborgagens anteriores. O presente artigo discorre sobre as principais tecnologias para a criação de monitores em uma análise das características, vantagens e desvantagens que proporcionaram.

2. Cathode Ray Tube Display (CRT)

Os monitores CRT (Tubo de Raios Catódicos) foram a primeira tecnologia amplamente utilizada como display gráfico de monitores e televisores. O princípio de funcionamento dos monitores utiliza uma espécie de tubo de vácuo que exibe imagens quando feixes de elétrons de um canhão de elétrons atingem uma superfície luminosa. O CRT produz feixes, acelera-os em alta velocidade e os desvia para criar imagens em uma tela de fósforo.

Um feixe de elétrons é emitido de um canhão de elétrons instalado na parte de trás de um grande tubo de

Artigo para avaliação na disciplina de Computação Gráfica (6906-01), ministrada pelo Professor Dr. Dante Alves Medeiros Filho

^{†1} ra120120, Universidade Estadual de Maringá

vácuo, dobrado por um campo magnético (alguns dispositivos usam um campo elétrico) gerado por um eletroímã, que colide com a tela fluorescente na frente do dispositivo para emitir luz. No início, tais monitores eram monocromáticos, mas após o uso de três fósforos diferentes que emitem luz vermelha, verde e azul, imagens coloridas foram possíveis. A imagem na tela era uma varredura de pontos que utilizavam o brilho residual da tela fluorescente para formar a imagem na tela inteira.

O monitor CRT tem as vantagens de melhor reprodução de cores, resposta rápida, uma vez que o feixe de elétrons tem inércia insignificante, levando a uma resposta de frequência muito alta e, amplo ângulo de visão. No entanto, os monitores CRT tradicionais são muito pesados e o tubo de reflexão ocupava um grande espaço no sentido da tela, o que fazia as TVs da época serem descritas como "caixas".

Outra vantagem, por outro lado, é que as CRTs funcionam em qualquer resolução, geometria e proporção sem a necessidade de redimensionar a imagem. Eles trabalham com base no princípio da luminescência catódica, que oferece um grande ângulo de visão, alto brilho, alta resolução e boa gama de cores (UGEMUGE; PARAUA; DHOBLE, 2021)

Os monitores CRT foram utilizados por décadas também devido ao seu custo mais baixo em relação às tecnologias posteriores. Entretanto, desvantagens como a presença de *Moiré patterns* por interferências inerentes ao funcionamento do dispositivo, por serem grandes e pesados, consumindo maior quantidade de energia e produzindo calor, levaram a substituição por outras tecnologias posteriores, que apresentaram maiores vantagens e portabilidade.

3. Light-Emitting Diode Display (LED)

Um diodo emissor de luz (LED) é um semicondutor utilizado para transformar energia elétrica em energia luminosa. É um diodo de junção $p-n$, que emite luz quando ativado. Quando uma tensão adequada é aplicada ao ligações, os elétrons são capazes de se recombinar com buracos de elétrons dentro do dispositivo, liberando energia na forma de fótons. Este efeito é chamado de eletroluminescência e a cor da luz emitida é determinada pelo

gap de energia do semicondutor. Os LEDs podem ser construídos bem pequenos e são caracterizados pelo baixo consumo de energia e longa vida útil.

O princípio de síntese de cores da tela LED colorida funciona de modo a selecionar três cores primárias da imagem, e cada pixel consiste em um LED constituído por três cores vermelho, verde e azul, que possibilitam a síntese de uma variedade de cores controlando o brilho do LED. Como a área da tela LED colorida é geralmente $\approx 1\text{mm}^2$, os três tipos de cores de LED de cada grupo de pixels ainda pertencem ao mesmo espaço de visão quando emitem luz ao mesmo tempo. Dessa forma é possível produzir uma variedade de efeitos de cor (NI et al., 2013).

A tecnologia dos LEDs apresenta vantagens como a eficiência energética e alta abrangência de cores e por serem pequenas também permitiram aplicações em outros dispositivos eletrônicos. Os displays com LEDs combinam tecnologias de computacionais e microeletrônicos para o processamento de informações, possibilitando a exibição de cores abundantes, alto brilho, longa vida útil, operação estável e confiável. Alguns desvantagens, no entanto, podem incluir o custo inicial, que é mais alto que outras abordagens e até mesmo a sensibilidade a tensão, que apesar de inerente ao seu funcionamento, influencia sua vida útil, uma vez que os LEDs devem ser fornecidos com uma tensão acima de sua tensão limite e uma corrente abaixo sua tolerância.

3.1. Organic Light-Emitting Diode (OLED)

Os monitores OLED têm sido vistos como uma alternativa para os LEDs convencionais. Como visto em (PATEL; PRAJAPATI, 2014), os OLEDs são dispositivos de estado sólido compostos por filmes finos de moléculas orgânicas que criam luz com a aplicação de uma corrente elétrica. Os OLEDs podem fornecer exibições mais brilhantes e nítidas em eletrônicos e consomem menos energia que os LEDs convencionais ou LCDs. Os OLEDs são feitos colocando filmes finos de materiais orgânicos (à base de carbono) entre dois condutores. Da mesma forma que o LED, quando a corrente elétrica é aplicada, a luz é emitida e por isso não precisam de *backlight*, como os LCDs. Como cada pixel é um pequeno diodo emissor de luz, isso permite uma construção mais fina e até mesmo a criação de displays flexíveis.

4. Plasma

Os monitores de plasma possuem pequenas células localizadas entre dois painéis de vidro, que mantêm inerte uma mistura de gases nobres (neon e xenônio). O gás nas células é eletricamente transformado em plasma, que então excita fósforos para emitir luz. A tecnologia de exibição de plasma oferece a vantagens de produzir telas grandes e finas, o que se mostrou superior às anteriores LCD e CRT, uma vez que permitia um melhor contraste e amplos ângulos de visão. As desvantagens advêm do próprio uso dos gases, que podem ser afetadas pela diferença de pressão em locais de alta altitude, maior consumo de energia em relação ao LCD, devido a ativação dos gases e menor tempo de vida útil devido a degradação do gás com o tempo.

O uso do plasma para monitores logo foi substituído pelo LED, pelas desvantagens e custo de produção.

5. Liquid Crystal Display (LCD)

Os Displays de Cristais líquidos não emitem luz diretamente e implementações em displays de 7 segmentos, relógios digitais exibiam imagens arbitrárias ou fixas com baixo teor de informação, que podem ser exibidas ou ocultadas.

O LCD usa o fato de que a luz emitida pela luz de fundo (backlight) passa por um filtro polarizador, um filtro de cor e um cristal líquido, que é emitida como luz colorida. Com um avanço da tecnologia, temos a geração da imagem por meio da manipulação de uma matriz de pequenos segmentos (chamados pixels).

Temos o LCD do tipo de unidade de matriz ativa que adicionou um elemento ativo a cada pixel, além da estrutura do tipo de unidade de matriz passiva. Os TFTs (Thin Film Transistors) são geralmente usados como elementos ativos. Isso torna possível ligar de forma confiável qualquer pixel. Quando uma voltagem é aplicada aos eletrodos Y após os eletrodos X terem ligado o elemento ativo de um pixel, os pixels no estado ON são iluminados. A atualização do display é feita sequencialmente para todos os eletrodos X.

Além disso, os LCDs do tipo IPS (In-Phase Switching) surgiram em resposta às crescentes demandas dos usuários por desempenho, como ângulos de visão e pro-

fundidade de preto. Ao contrário dos LCDs do tipo TN, nos quais as moléculas de cristal líquido sobem do substrato de vidro quando a tensão é aplicada, nos LCDs do tipo IPS, as moléculas de cristal líquido se movem paralelamente ao substrato de vidro à medida que giram. Assim, é possível obter a característica de haver pouca alteração na cor e no contraste dependendo do ângulo de visão. No entanto, tem a desvantagem de exigir dois transistores por pixel, tornando-o mais caro do que os LCDs do tipo TN. Além disso, à medida que a escala do circuito por pixel aumenta, a transmitância da luz diminui, por isso é necessário compensar a intensidade da luz aumentando o brilho da luz de fundo. Portanto, o consumo de energia também aumenta.

Em comparação com o CRT, o LCD permitiu a construção do monitor muito menor e mais leve, com um menor consumo de energia. No entanto, apesar de mais compacto que o CRT, devido a luz de fundo desses monitores estarem sempre ligadas e a camada de LCD sendo usada para modular ou bloquear a entrada de luz na tela, os monitores de LCD normalmente têm dificuldade em reproduzir níveis de preto e cinza escuro, possuem um contraste inferior aos CRT (BAGHER; VAHID; MOHSEN, 2017). Além disso, apesar da melhora com os LCDs dos tipos IPS, o ângulo de visão ainda é limitado e contraste, e misturas de cores podem variar com o ângulo de visualização.

6. Conclusão

Ao longo dos anos as tecnologias para a construção de monitores foram evoluindo se tornando mais eficientes e compactas. Desde os monitores CRT, que apesar do baixo custo de fabricação, entraram em desuso e atualmente se tornou obsoleto; monitores LCD que até hoje em dia são muito utilizados devido a variedade de tamanhos e tipos; monitores de Plasma, que apesar de boa resolução, devido à dificuldade de fabricação e custo estão cada vez menos presentes; e finalmente, os monitores LED, OLED representam a tecnologia mais utilizada atualmente. Foi possível observar as vantagens e desvantagens de cada tecnologia e a forma que problemas das gerações anteriores buscavam ser resolvidas e, mesmo com o avanço tecnológico, ainda temos muito a melhorar e muitas ou-

tras possibilidades para serem exploradas.

Referência

- BAGHER, A. M.; VAHID, M. M. A.; MOHSEN, M. A. review of challenges in display technology. **Int. J. Electr. Compon. Energy Convers**, v. 3, n. 2, p. 26–39, 2017.
- DAWSON, T. L. Developments in colour display devices. **Review of Progress in Coloration and Related Topics**, v. 33, p. 1–14, 2003.
- NI, X. et al. The realization of led display system based on the embedded. **TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering**, v. 11, n. 5, p. 2626–2633, 2013.
- PATEL, B. N.; PRAJAPATI, M. M. Oled: a modern display technology. **International Journal of Scientific and Research Publications**, Citeseer, v. 4, n. 6, p. 1–5, 2014.
- SCHADT, M. Liquid crystal materials and liquid crystal displays. **Annual review of materials science**, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 27, n. 1, p. 305–379, 1997.
- UGEMUGE, N.; PARAUHA, Y. R.; DHOBLE, S. Synthesis and luminescence study of silicate-based phosphors for energy-saving light-emitting diodes. In: **Energy Materials**. [S.l.]: Elsevier, 2021. p. 445–480.