

TECNOLOGIAS DE MONITORES DE VÍDEO CRT, LCD, LED E PLASMA: UM ESTUDO DAS DIFERENÇAS, VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA TECNOLOGIA

Vítor Hugo Santos de Camargo

RESUMO

Esse artigo descreve o princípio e o funcionamento de tecnologias utilizadas para gerar imagens em displays, sejam TVs ou monitores, onde algumas tecnologias existem há muito mais tempo que se imagina, onde até mesmo essas tecnologias podem possuir vantagens de utilização até os dias atuais em certos cenários.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia dos monitores de vídeo evoluiu significativamente ao longo das últimas décadas, e atualmente existem diversas opções disponíveis no mercado. Entre as tecnologias mais utilizadas, destacam-se o CRT, LED, Plasma e LCD. Cada uma dessas tecnologias possui suas características específicas, vantagens e desvantagens. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo explorar as diferenças entre essas tecnologias, apresentando suas características, vantagens e desvantagens, a fim de auxiliar o entendimento de cada tipo de monitor. Serão abordados aspectos técnicos dessas tecnologias, com o intuito de oferecer informações relevantes para o tema.

2 TECNOLOGIAS

2.1 TUBO DE RAIOS CATÓDICOS (CRT)

O CRT é um equipamento de luz que tem sido utilizado por mais de um século. Ele é constituído de um tubo de imagem de alto vácuo, com uma camada de material fosforescente. O dispositivo funciona quando um canhão de elétrons dispara sobre as células de fósforo na parte frontal, criando a imagem.

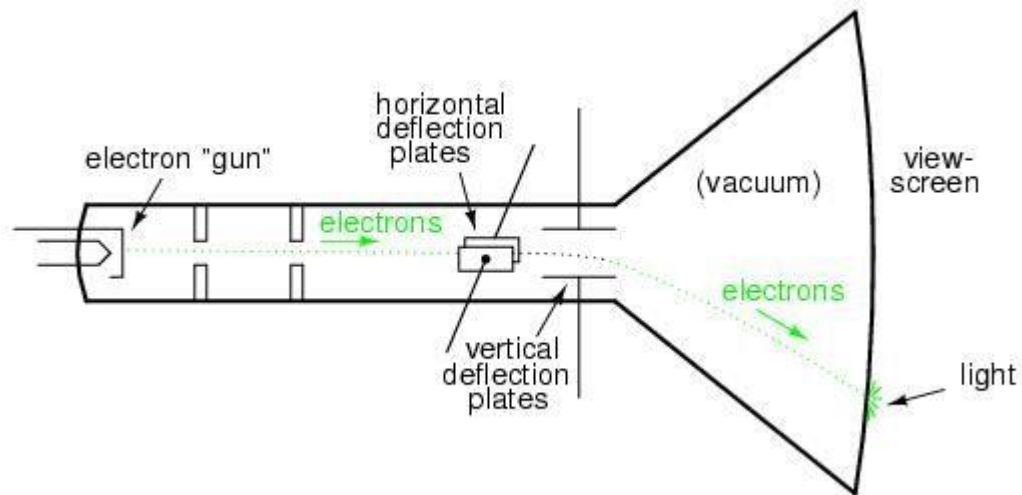
Um cátodo quente, que é um eletrodo negativamente carregado situado na parte traseira do tubo, é responsável por produzir o feixe de elétrons. O ânodo, que é um eletrodo carregado positivamente colocado na parte frontal do tubo, é responsável por acelerar e focalizar o feixe de elétrons.

Após ser focalizado, o feixe de elétrons alcança a tela revestida de fósforo, o que leva o fósforo a emitir luz visível. Essa luz é responsável por formar a imagem exibida na tela. Com sua aplicação em diversas áreas, tais como televisores, monitores de computador e até mesmo sistemas de radar, o CRT tem desempenhado um papel fundamental no avanço da tecnologia.

O Cathode Ray Tube (CRT) é um tipo de tela de computador que é utilizada para exibir imagens a partir de um sinal de vídeo composto padrão. Seu

funcionamento é baseado no movimento de um feixe de elétrons que percorre a parte traseira da tela, indo de um lado para outro. O canhão de elétrons é a fonte do feixe de elétrons e está localizado no pescoço estreito e cilíndrico da extremidade traseira do CRT, emitindo elétrons por meio da emissão termiônica. Normalmente, uma tela fluorescente é utilizada para exibir o sinal de saída. Um exemplo simples de CRT é apresentado abaixo:

Figura 1 - Tubo de raios catódicos



Fonte: jf-parede

O monitor CRT opera de forma simples, utilizando um tubo de raios catódicos que é composto por um ou mais canhões de elétrons, possíveis placas de deflexão eletrostática interna e um alvo de fósforo. Os três feixes de elétrons, cada um correspondendo a uma cor primária (vermelho, verde e azul), são claramente evidenciados na figura. Ao atingir a tela revestida de fósforo, o feixe de elétrons produz um pequeno ponto brilhante. A área frontal do tubo é examinada repetidamente em um padrão fixo conhecido como raster, o que resulta na exibição da imagem. Devido ao desaparecimento gradual dos alvos de fósforo, a imagem deve ser continuamente atualizada. Com a utilização de uma taxa de 50 Hz para eliminar a cintilação, a tela é constantemente atualizada, permitindo que o CRT produza imagens em três cores primárias. As principais partes do tubo de raios catódicos incluem o cátodo, a grade de controle, as placas defletoras e a tela.

2.1.1 VANTAGENS DO CRT

1. Os CRTs são menos caros do que outras tecnologias de exibição.
2. Eles operam em qualquer resolução, geometria e proporção de aspecto sem diminuir a qualidade da imagem.
3. Os CRTs produzem a melhor cor e escala de cinza para todas as calibrações profissionais.
4. Excelente ângulo de visão.

5. Mantém um bom brilho e proporciona uma vida útil longa.
6. Tempo de resposta muito rápido.

2.1.2 DESVANTAGENS DO CRT

1. Eles são volumosos e pesados.
2. Consomem muita energia elétrica.
3. Mais propensos a problemas de burn-in.
4. Suscetíveis à radiação eletromagnética, podendo interferir dispositivos eletrônicos próximos.

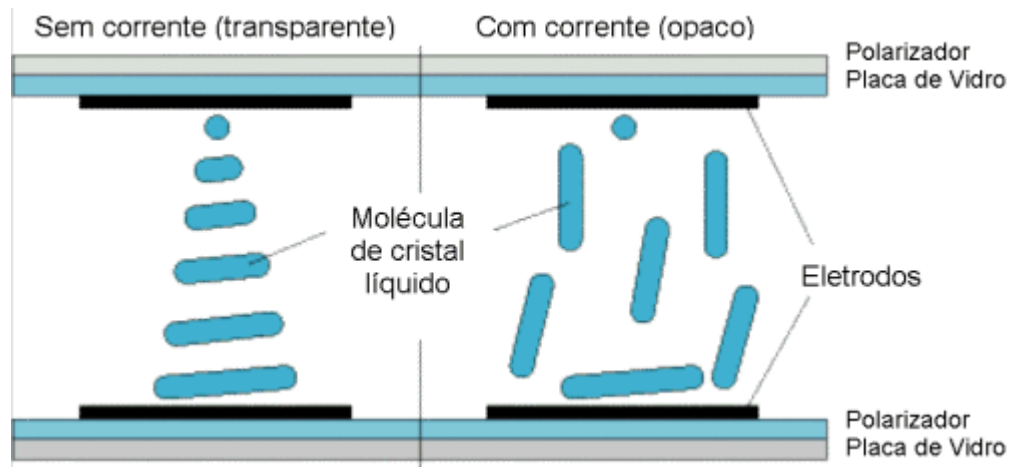
2.2 LCD

A tecnologia de LCD (Liquid Crystal Display, em português, Display de Cristal Líquido) é uma tecnologia de exibição de imagens que utiliza cristais líquidos para criar imagens. É uma tecnologia que já existe há algumas décadas e é amplamente utilizada em monitores de computador, televisores e outros dispositivos de exibição.

Os cristais líquidos são substâncias que sofrem mudanças em sua estrutura molecular ao receberem uma corrente elétrica. Originalmente, essas substâncias são transparentes, mas quando submetidas a uma carga elétrica, tornam-se opacas e impedem a passagem da luz. Nos displays de cristal líquido mais básicos, como os encontrados em relógios de pulso, há apenas dois estados: transparente ou opaco, o que significa que o ponto está aceso ou apagado. Já nos displays mais avançados, como os utilizados em notebooks, há estados intermediários que criam tons de cinza ou cores. Essas variações de tons são obtidas por meio de diferentes tensões aplicadas.

A estrutura da tela de um monitor é composta por uma camada fina de cristal líquido, situada entre duas camadas de vidro. Essas placas de vidro apresentam sulcos pequenos e isolados entre si, cada um contendo um eletrodo conectado a um transistor, representando cada ponto da imagem. Essas camadas são colocadas entre duas camadas de polarizador. Atrás dessa tela, há uma fonte de luz, normalmente composta por lâmpadas fluorescentes ou LEDs, que fornecem iluminação para a tela. As lâmpadas fluorescentes são usadas com mais frequência devido ao fato de gerarem menos calor.

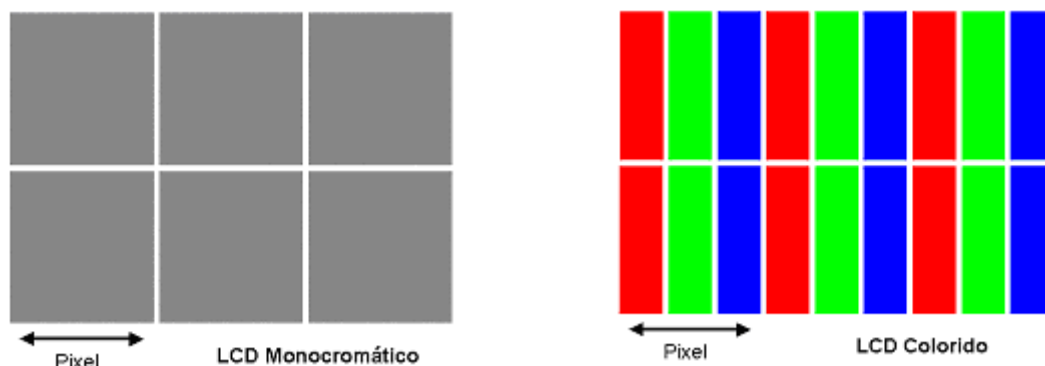
Figura 2 – Cristal Líquido entre camadas de vidro



Fonte: Carlos E. Morimoto (2010)

Em monitores LCD monocromáticos, um ponto na tela corresponde a um ponto na imagem, enquanto em monitores coloridos, cada pixel da imagem é formado por um grupo de três pontos - verde, vermelho e azul. Semelhante aos monitores CRT, as cores nos monitores LCD coloridos são criadas a partir de diferentes combinações de tonalidades desses três pontos.

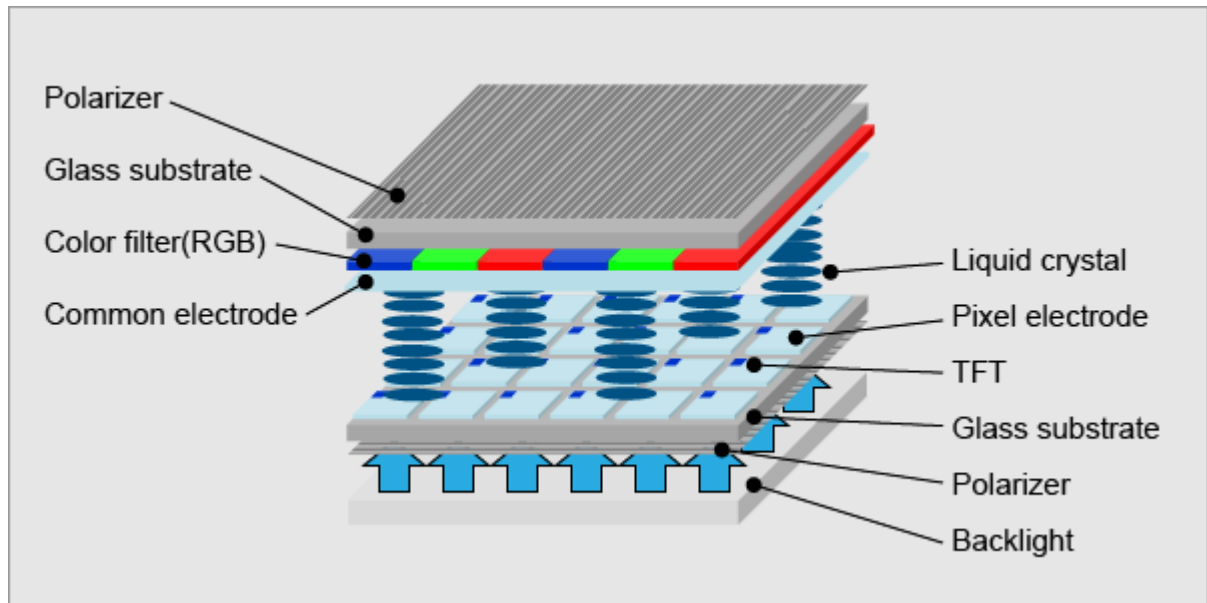
Figura 3 – Diferença entre monitores Monocromáticos e Coloridos



Fonte: Carlos E. Morimoto (2010)

Existem atualmente duas tecnologias de fabricação de telas de LCD, conhecidas como matriz passiva (DSTN) e matriz ativa (TFT). As telas de matriz passiva apresentam um ângulo de visão mais restrito, e um tempo maior é necessário para a imagem ser atualizada, entre 150 e 250 milissegundos. Os LCDs de matriz ativa, usados atualmente, já apresentam uma qualidade muito superior, com um tempo de atualização de imagem mais próximo do dos monitores CRT, entre 40 e 50 milissegundos.

Figura 4 – A complexa estrutura de uma tela TFT LCD



Fonte: Canaltech (2022)

2.2.1 VANTAGENS DO LCD

1. Muito finos e leves, os tornando mais compactos.
2. Eficientes em termos de energia.
3. Cores precisas e nítidas.
4. Durabilidade.
5. Maior compatibilidade com dispositivos, incluindo laptops, desktops, consoles, etc.
6. Emitem menos radiação que monitores CRT, por exemplo.

2.2.2 DESVANTAGENS DO LCD

1. Ângulos de visão limitados, tornando difícil de ver a imagem a partir de certos ângulos.
2. Tempo de resposta, é o tempo que demora para um pixel mudar de cor, podendo gerar artefatos de imagem em movimento rápido, principalmente em monitores LCD mais antigos.

3. Possibilidade de desbotamento de cores com o tempo, tornando imagens mais desbotadas e menos vibrantes.
4. Contraste limitado, o que pode levar a uma aparência menos nítida de detalhes em imagens com áreas escuras e claras próximas.

2.3 LED

A tecnologia de LED (Light Emitting Diode, em português, Diodo Emissor de Luz) é uma tecnologia de exibição de imagens que utiliza diodos emissores de luz como fonte de iluminação. É uma tecnologia relativamente nova, mas já se tornou amplamente utilizada em monitores de computador, televisores, sinalização digital e outras aplicações de exibição de imagens.

Os LEDs são semicondutores que emitem luz quando uma corrente elétrica é aplicada. Eles são construídos com camadas de materiais semicondutores que são dopados com impurezas para criar regiões que possuem uma concentração diferente de elétrons e buracos. Quando uma corrente elétrica é aplicada a essas regiões, os elétrons e buracos recombina-se e liberam energia na forma de fótons de luz.

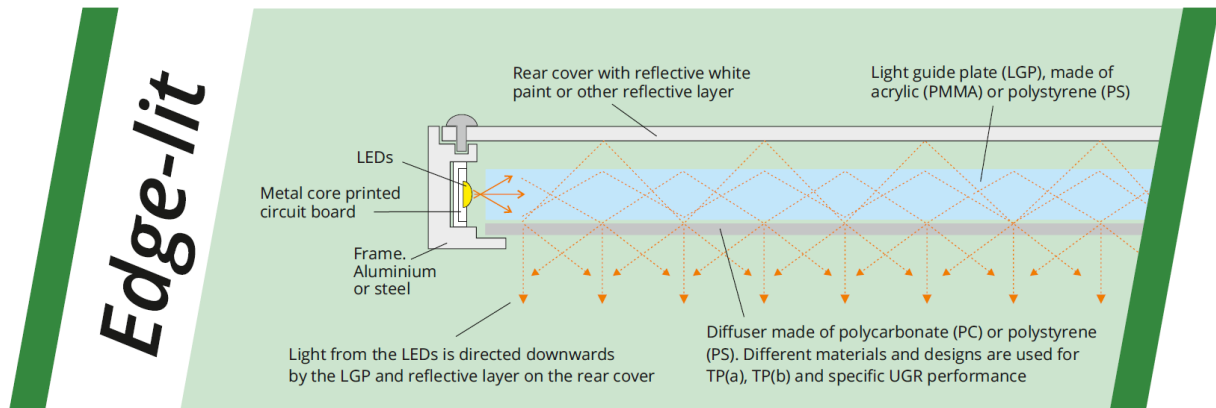
Para criar uma imagem em um display LED, a luz é emitida a partir de um grande número de LEDs individuais que são organizados em uma matriz. Cada LED individual pode ser controlado individualmente, permitindo que a imagem seja criada por meio da ativação de LEDs em diferentes partes da matriz.

Os LEDs podem ser considerados uma subcategoria dos LCDs. A única diferença entre alguns LCDs e LEDs é o tipo de luz de fundo: os LEDs usam LED (diodos emissores de luz) retroiluminação. Em contraste com a luz de fundo fluorescente, a luz de fundo por LED geralmente fornece cores mais brilhantes e contraste mais nítido. Os monitores também são mais finos em tamanho e, a longo prazo, mais eficientes em termos de energia do que os LCDs com luz de fundo fluorescente. A retroiluminação por LED é a tecnologia mais recente e o padrão atual para monitores com altas taxas de atualização e tempos de resposta rápidos. Quando você vê LCD nas descrições dos produtos, eles quase sempre são monitores de LCD que usam luz de fundo LED (em oposição à fluorescente).

Existem diferentes tipos de retroiluminação por LED: iluminada pelas extremidades e iluminada por matriz. Em monitores iluminados pelas bordas, as luzes são colocadas em torno das bordas do monitor. Guias de luz são então usados para difundir a luz uniformemente pela tela. Em monitores iluminados por matriz, as luzes são colocadas atrás da tela em um padrão.

Na iluminação pelas extremidades, também conhecida como Edge-Lit, as luzes de LED são colocadas em torno das bordas do monitor. A luz é então distribuída uniformemente pela tela por meio de guias de luz. Essa técnica é geralmente usada em monitores mais finos, pois a iluminação pelas bordas permite que o monitor seja mais fino.

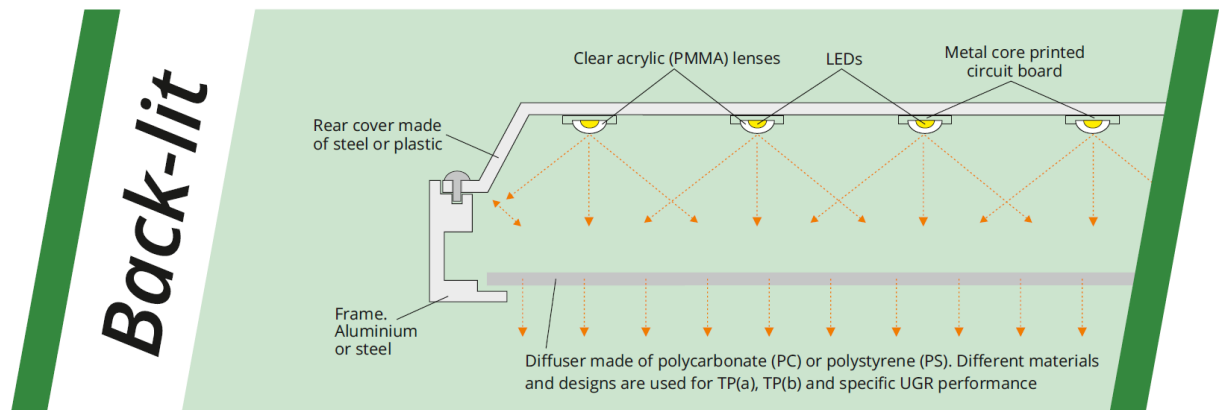
Figura 5 – Estrutura painel Edge-lit



Fonte: NVC Lighting (2022)

A retroiluminação Direct-lit, muitas vezes chamada somente de Back-lit, utiliza iluminação LED em toda a parte traseira do painel de televisão. Inicialmente, essa forma de retroiluminação usava lâmpadas fluorescentes de cátodo frio (CCFLs) antes de fazer a transição para LED. A iluminação fica atrás do painel LCD para fornecer uma iluminação consistente em toda a tela.

Figura 6 – Estrutura painel Back-lit



Fonte: NVC Lighting (2022)

2.3.1 VANTAGENS DO LED

1. Telas com backlight de LED apresentam ainda mais economia que monitores LCD comuns.
2. Feito com materiais que não agredem a natureza tanto quanto outros tipos de telas.
3. Durabilidade ainda maior que monitores LCD convencionais.
4. Monitores são mais finos e compactos, principalmente os que utilizam Edge-Lit

5. Maior tempo de resposta em relação a outros tipos de monitores, como o LCD padrão por exemplo.
6. Menos emissão de calor.

2.3.2 DESVANTAGENS DO LED

1. Monitores LED costumam ser mais caros que monitores com outras tecnologias.
2. Monitores LED são mais sensíveis a luz que monitores LCD, levando a reflexos e brilho excessivo em ambientes com muita luz.
3. Problemas com uniformidade, onde em alguns monitores de LED é possível que ocorra variações de brilho ou cor na tela, resultando em uma aparência desigual na imagem.
4. Monitores LED podem apresentar pixels mortos com mais chance que monitores de outras tecnologias, afetando a qualidade da imagem.

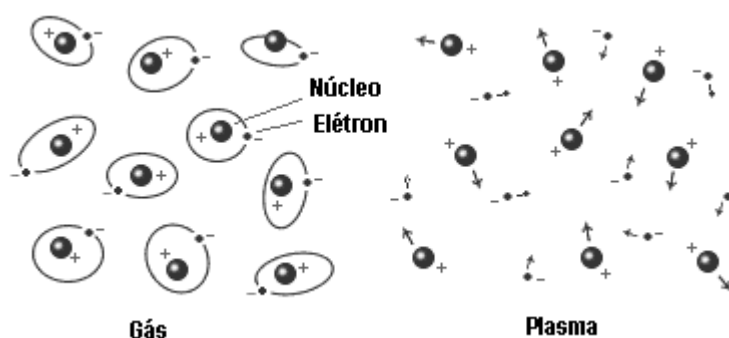
2.4 PLASMA

A tecnologia de monitores de plasma foi uma das primeiras a serem utilizadas na exibição de imagens de alta qualidade em tamanhos grandes. A tecnologia foi desenvolvida na década de 1960, mas só se tornou comercialmente disponível na década de 1990. Durante muitos anos, os monitores de plasma foram a escolha preferida para aplicações de home theater e outras aplicações de exibição de vídeo de alta qualidade.

A ideia básica de um display de plasma é iluminar pequenas luzes fluorescentes coloridas para formar uma imagem. Cada pixel é composto por três luzes fluorescentes - uma luz vermelha, uma luz verde e uma luz azul. Assim como em uma televisão CRT, o display de plasma varia as intensidades das diferentes luzes para produzir uma gama completa de cores. Na próxima página, aprenda como o plasma funciona.

Diferentemente dos demais estados da matéria, sólido, líquido e gasoso, a matéria no estado de plasma, nada mais é que um gás ionizado constituído de elétrons livres, íons e átomos neutros, em proporções variadas e que apresentam um comportamento coletivo.

Figura 7 – Matéria no estado gasoso e no estado de plasma



Fonte: Marcelo de Souza Freitas (2012)

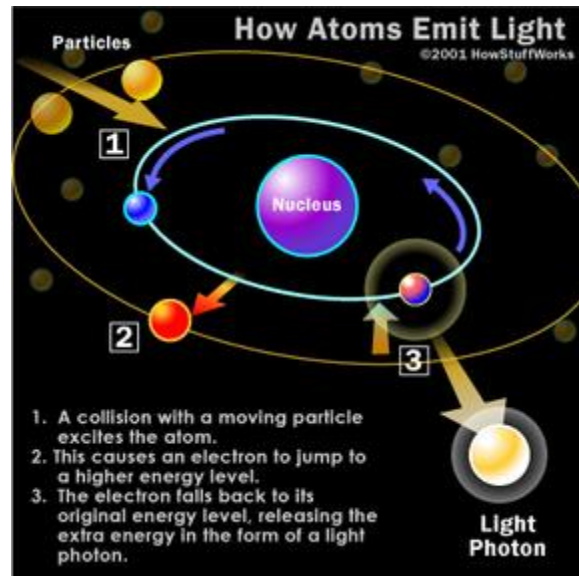
Conforme ilustrado na Figura 7, à esquerda há um gás composto de átomos neutros e, em seguida, um gás composto de íons e elétrons livres. Devido à alta energia cinética das partículas que o compõem, o plasma é considerado o quarto estado da matéria e representa 99,99% da matéria visível no universo. O estado de plasma apresenta três fenômenos principais que o caracterizam: a emissão de radiação eletromagnética, a blindagem do campo elétrico das cargas e as oscilações coletivas que ocorrem devido às forças elétricas presentes.

Em condições normais, um gás é composto principalmente de átomos neutros, que contêm um número igual de prótons e elétrons, que se equilibram para dar ao átomo uma carga neutra. No entanto, se muitos elétrons livres são introduzidos no gás, por meio da aplicação de uma voltagem elétrica, a situação muda rapidamente. Os elétrons livres colidem com os átomos, causando a liberação de outros elétrons. Com a perda de um elétron, um átomo se torna carregado positivamente e é convertido em um íon.

Quando um plasma é percorrido por uma corrente elétrica, as partículas com carga negativa são atraídas pela região com carga positiva e as partículas com carga positiva são atraídas pela região com carga negativa, resultando em um fluxo rápido de partículas. Durante esse movimento, as partículas colidem entre si com grande energia, o que causa excitações nos átomos presentes no plasma. Essas excitações levam à emissão de fótons de energia, que são detectados como luz ou outras formas de radiação eletromagnética.

Conforme mostrado na figura 8, estas partículas, com grande velocidade, batem constantemente umas nas outras. Estas colisões excitam os átomos de gás no plasma, fazendo com que libertem fótons de energia.

Figura 8 – Átomo emitindo luz



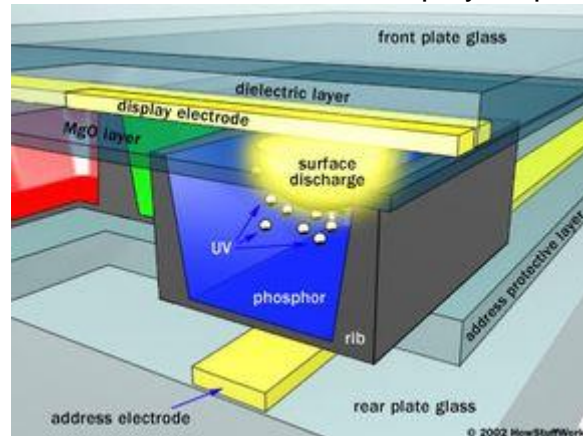
Fonte: Tom Harris (2020)

A numeração contida na figura 8 indica as seguintes fases:

- 1- Colisão de partículas em movimento excita o átomo.
- 2- Salto do elétron para nível de energia mais elevado.
- 3- O elétron retorna para o nível de energia inicial, liberando energia sob a forma de fótons. Os átomos de Xenônio e neon, utilizados em telas de plasma, libertam fótons quando eles são excitados. Estes átomos libertam fótons principalmente na faixa do ultravioleta, que são invisíveis ao olho humano, mas podem ser usados para excitar fótons visíveis.

O display de plasma é composto por diversas células minúsculas contendo xenônio e gás de neon, localizadas entre duas lâminas de vidro. Eletrodos longos chamados de "address electrodes" são intercalados entre as lâminas de vidro em ambos os lados das células. Esses eletrodos estão posicionados atrás das células, seguindo as lâminas do vidro traseiro. Além disso, há os "displays electrodes", que são revestidos por um material dielétrico isolante e protegidos por uma camada de óxido de magnésio. Eles são montados sobre as células, seguindo a lâmina de vidro dianteira.

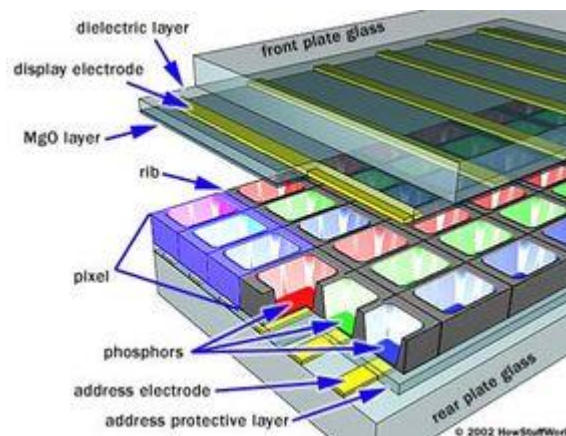
Figura 9 – Estrutura de uma célula de um display de plasma



Fonte: Tom Harrys (2020)

Os eletrodos são distribuídos ao longo de toda a tela. Os "display electrodes" estão organizados em filas horizontais, enquanto os "address electrodes" estão organizados em colunas verticais. A grade básica é formada pela interseção dos eletrodos horizontais e verticais, como mostrado na figura 9.

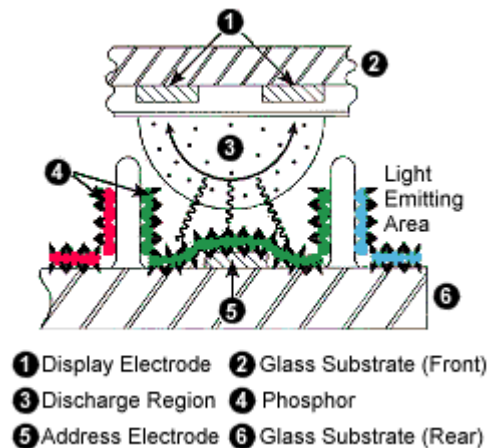
Figura 10 – Estrutura de um display de plasma



Fonte: Tom Harrys (2020)

A fim de ionizar o gás em uma célula específica, a tela de plasma carrega os eletrodos que se cruzam nessa célula. Essa carga é aplicada milhares de vezes em uma fração de segundo, periodicamente carregando cada célula. Quando os eletrodos cruzados são carregados com uma diferença de voltagem, uma corrente elétrica flui através do gás dentro da célula, o que estimula os átomos de gás a liberar fótons ultravioleta. Esses fótons interagem com o fósforo que cobre a parede interna da célula, o qual emite luz quando exposto a outra luz. Quando um fóton ultravioleta colide com um átomo de fósforo dentro da célula, um dos elétrons do fósforo é excitado para um nível de energia mais elevado e o átomo esquenta. Quando o elétron retorna ao seu estado normal, ele libera energia na forma de um fóton visível.

Figura 11 – Vista lateral de uma célula de um display de plasma



Fonte: Tom Harrys (2020)

Conforme ilustrado na figura 11 a emissão de luz colorida em uma tela de plasma é resultado da excitação do fósforo. Cada pixel é composto por três células de subpixel, cada uma contendo um fósforo de cor diferente. Um subpixel contém fósforo vermelho, outro subpixel contém fósforo verde e o terceiro subpixel contém fósforo azul. A combinação dessas cores é responsável pela cor global do pixel. A intensidade da cor de cada subpixel pode ser aumentada ou diminuída variando-se os pulsos de corrente que fluem pelas diferentes células. Com esse controle, o sistema pode criar centenas de combinações de vermelho, verde e azul, produzindo cores em todo o espectro visível.

2.4.1 VANTAGENS DO PLASMA

1. A principal vantagem da tecnologia é a possibilidade de produção de telas muito largas utilizando materiais extremamente finos, existindo aparelhos de 103 polegadas.
2. Nessa tecnologia, como cada pixel é iluminado individualmente, a imagem é muito luminosa e tem uma boa visualização de quase todo ângulo.
3. Não apresentam linhas de varredura, ou seja, os displays de plasma acendem seus pixels simultaneamente para desenhar uma imagem.
4. Os displays de plasma reproduzem bilhões de cores, oferecendo um maior realismo às imagens.
5. Formato de tela WIDESCREEN ideal para assistir DVDs e também transmissões digitais.
6. Imunidade a campos magnéticos.

2.4.2 DESVANTAGENS DO PLASMA

1. Durabilidade, onde esse problema tem origem do fato de que a eficiência da luz emitida no fósforo que cobre a tela diminui com o tempo, liberando cada vez menos luz.
2. Consumo de energia maior que monitores LCD, por exemplo.
3. Displays de plasma são mais pesados que os competidores de LCDs, uma vez que os painéis de vidro que cercam o gás são muito mais grossos.
4. Monitores de plasma tendem a ser mais caros que alguns concorrentes.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas características, vantagens e desvantagens apresentadas para cada uma das tecnologias abordadas neste artigo, é importante ressaltar que a escolha da tecnologia utilizada na construção de monitores de vídeo deve ser baseada nas necessidades e preferências do usuário. Embora o CRT seja uma tecnologia mais antiga, ainda é utilizado em casos específicos que requerem altíssima precisão nas cores. Por outro lado, o LCD, LED e PLASMA são tecnologias mais modernas, com vantagens como economia de energia e maior vida útil.

REFERÊNCIAS

MORIMOTO, Carlos E. Hardware: O Guia Definitivo 2. São Paulo: GDH Press e Suporte Informática, 2010.

Moraguez, E. R. O que é um tubo de raios catódicos (CRT), como funciona e para que serve? LOV Technology. Disponível em: <https://lovtechnology.com/pt/O-que-é-um-tubo-de-raios-catódicos-CRT%2C-como-funciona-e-para-que-serve%3F/>. Acesso em: 16 mar. 2023.

Vasconcelos, R. C. (2007). Análise Ambiental E Simulação Para Substituição de Monitores CRT Por LCD. Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1794/dissertacao_0032986.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 16 mar. 2023.

Guedes, K. (2022). CRT: O que é um monitor de tubo de raios catódicos? TopGadget. Disponível em: <https://www.topgadget.com.br/howto/graphs/crt-o-que-e-um-monitor-de-tubo-de-raios-catodicos.htm>. Acesso em: 16 mar. 2023.

JF-PAREDE. Entendendo o Tubo de Raios Catódicos (CRT). [S.I.], [s.d.]. Disponível em: <https://jf-parede.pt/understanding-cathode-ray-tube-crt>. Acesso em: 16 mar. 2023.

ELGSCREEN. Como funcionam as telas de LCD? [S.I.], [s.d.]. Disponível em: <https://blog.elgscreen.com/como-funcionam-as-telas-de-lcd/>. Acesso em: 17 mar. 2023.

HP. Como diferenciar entre um display LED e um monitor LCD. [S.I.], 2021. Disponível em: <https://www.hp.com/br-pt/shop/tech-takes/como-diferenciar-entre-um-display-led-e-um-monitor-lcd>. Acesso em: 17 mar. 2023.

CARVALHO, Victor (Ed.). Como funcionam os monitores LCDs. Canaltech, 2022. Disponível em: <https://canaltech.com.br/produtos/como-funcionam-os-monitores-lcds/>. Acesso em: 17 mar. 2023.

NVC UK. What is the difference between edge-lit and back-lit LED panels? [Online] Disponível em: <https://www.nvcuk.com/technical-support/view/what-is-the-difference-between-edge-lit-and-back-lit-led-panels-41>. Acesso em: 17 mar. 2023.

ANDRADE, António César de. Monitores LCD vs LED para jogos: diferenças e tecnologia explicada. Ciber Sistemas, 2021. Disponível em: <https://cibersistemas.pt/games/monitores-lcd-vs-led-para-jogos-diferencas-e-tecnologia-explicada/>. Acesso em: 18 mar. 2023.

HARRIS, Tom. How Plasma Displays Work. HowStuffWorks. Disponível em: <https://electronics.howstuffworks.com/plasma-display.htm>. Acesso em: 18 mar. 2023.

BAPTISTA, Eduardo. Monitores CRT, LCD, plasma. Fazendo Vídeo, [S.I.]. Disponível em: <http://www.fazendovideo.com.br/artigos/monitores-crt-lcd-plasma.html>. Acesso em: 18 mar. 2023.