

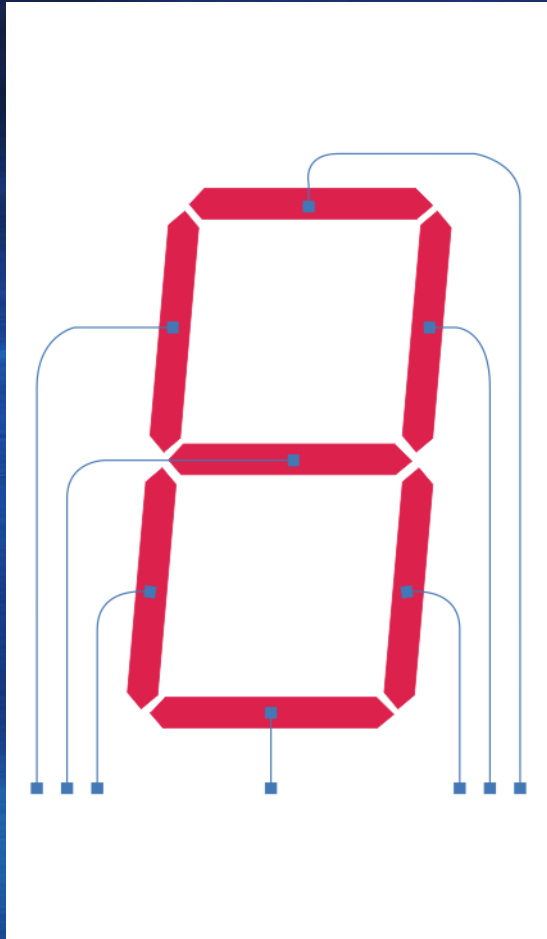
Afișaje cu cristale lichide

- Cristale lichide
- Tehnologia *Twisted Nematic*
- Tipuri ale luminii de fond
- Tehnici de adresare
- Parametrii afișajelor
- Tehnologia *Vertical Alignment*
- Tehnologia *In-Plane Switching*

Tehnici de adresare

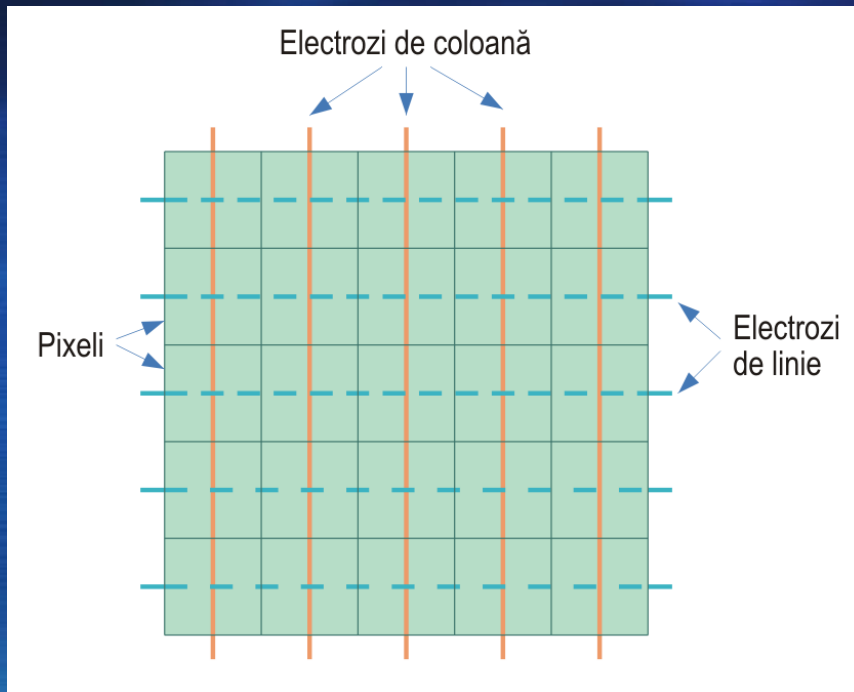
- Tehnici de adresare
 - Adresare directă și multiplexată
 - Afișaje cu matrice pasivă
 - Afișaje cu matrice activă
 - Pixeli defecti

Adresare directă și multiplexată (1)



- Adresare directă
 - Utilizată pentru afișaje cu un număr redus de elemente
 - Fiecare element (segment sau pixel) poate fi **adresat** sau **comandat separat**
 - Trebuie să se aplice o tensiune asupra fiecărui element pentru a schimba orientarea cristalelor

Adresare directă și multiplexată (2)



- Adresare multiplexată
 - Utilizată pentru afișaje cu un număr mare de pixeli
 - Pixelii pot fi adresați printr-o matrice de linii și coloane
 - Fiecare pixel se află la intersecția unui **electrod de linie** și a unui **electrod de coloană**

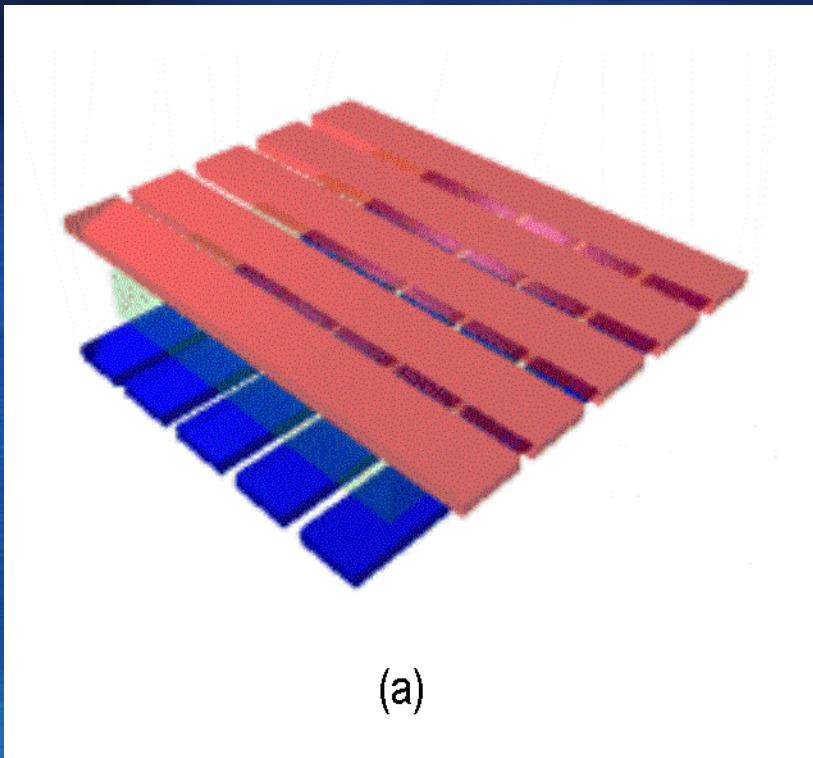
Adresare directă și multiplexată (3)

- **Avantaj:**
 - **Reducerea complexității** circuitelor
 - Pentru o matrice de 1000 x 1000 pixeli sunt necesare 2000 drivere (față de 1.000.000 cu adresare directă)
- **Dezavantaj:**
 - **Reducerea contrastului**
 - Afișajele **TN** au fost îmbunătățite prin diferite tehnici

Tehnici de adresare

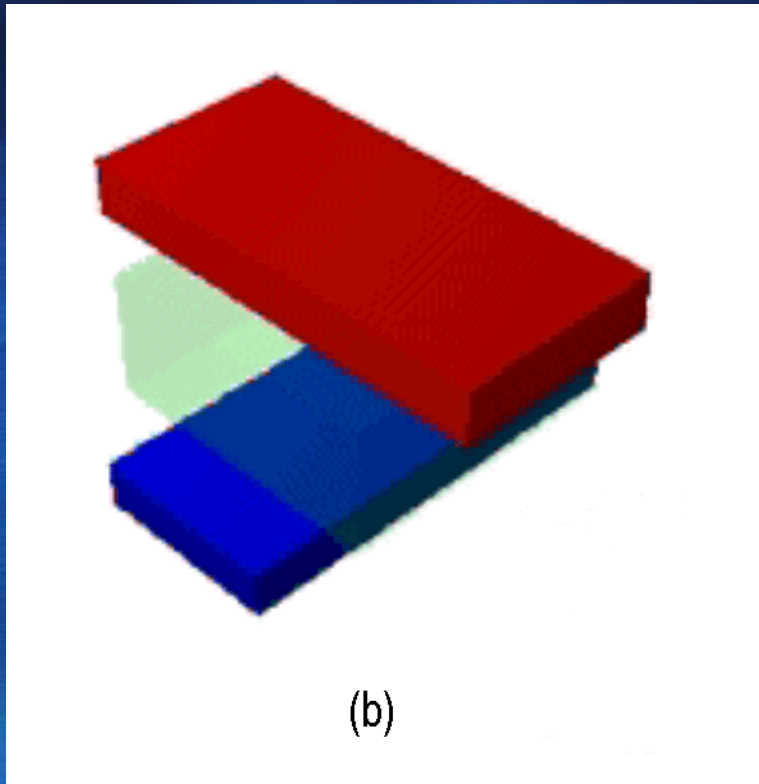
- Tehnici de adresare
 - Adresare directă și multiplexată
 - Afișaje cu matrice pasivă
 - Afișaje cu matrice activă
 - Pixeli defecti

Afișaje cu matrice pasivă (1)



- Utilizează un set de electrozi transparentți multiplexați
- Un tranzistor conectat la fiecare electrod de linie sau de coloană
- Stratul de cristale lichide se află între electrozi
- Electrozii sunt realizați din oxid de staniu-indiu

Afișaje cu matrice pasivă (2)



- Un **pixel** este adresat atunci când i se aplică o tensiune
- Pixelul **devine opac** atunci când este adresat
- La eliminarea tensiunii, pixelul se dezactivează lent

Afișaje cu matrice pasivă (3)

- Controlerul afișajului baleiază matricea de pixeli
- **Întârziere** de la aplicarea tensiunii asupra unui pixel până când acesta este activat → **timpul de răspuns**
- **Inerție** a pixelilor după eliminarea tensiunii
- Timpul de baleiere al matricei trebuie să fie mai redus decât timpul necesar pentru dezactivarea pixelilor

Afișaje cu matrice pasivă (4)

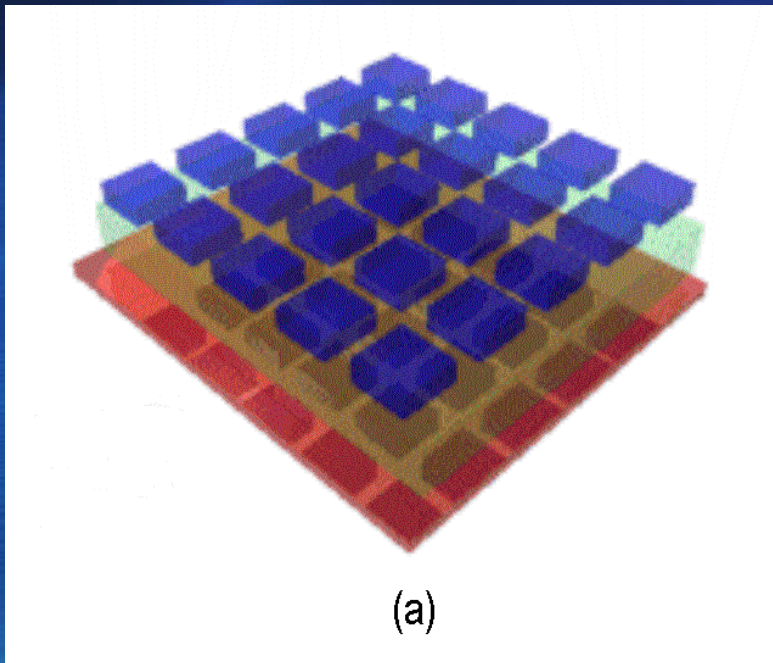
- Dezavantaje:

- Interferența între pixeli vecini (“*crosstalk*”)
 - Cauzează apariția unor umbre ale obiectelor luminoase
- Unghiul de vizualizare este limitat
- Timpul de răspuns este relativ ridicat
 - Imaginea curentă este menținută pe ecran și după afișarea unei noi imagini

Tehnici de adresare

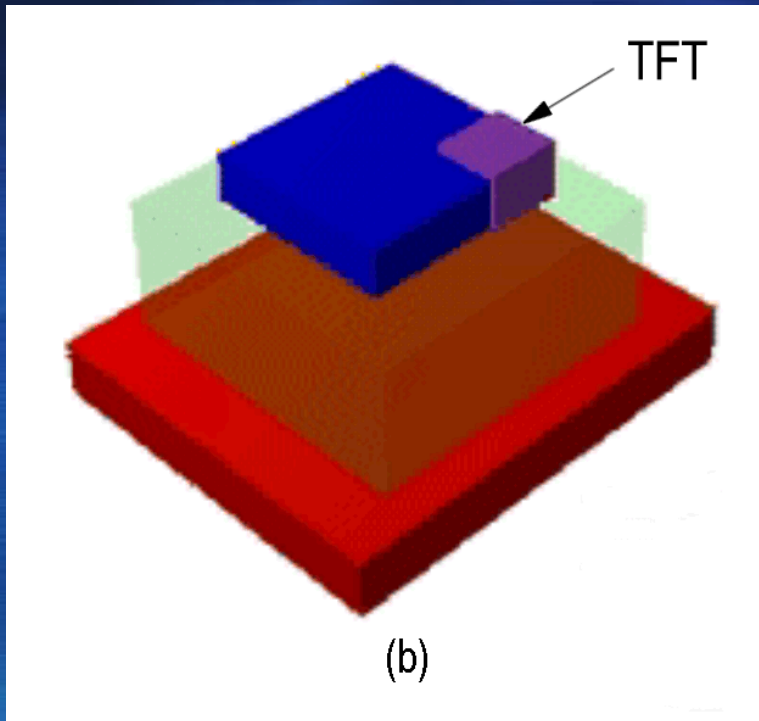
- Tehnici de adresare
 - Adresare directă și multiplexată
 - Afișaje cu matrice pasivă
 - Afișaje cu matrice activă
 - Pixeli defecti

Afișaje cu matrice activă (1)



- Placa de sticlă din fața afișajului este acoperită cu un **electrod continuu**
- Placa de sticlă din spate este acoperită cu un **electrod divizat în pixeli**
- Fiecare pixel este conectat în serie cu un **tranzistor cu film subțire TFT** (*Thin Film Transistor*)
- Poate fi conectat în serie și un **condensator**

Afișaje cu matrice activă (2)

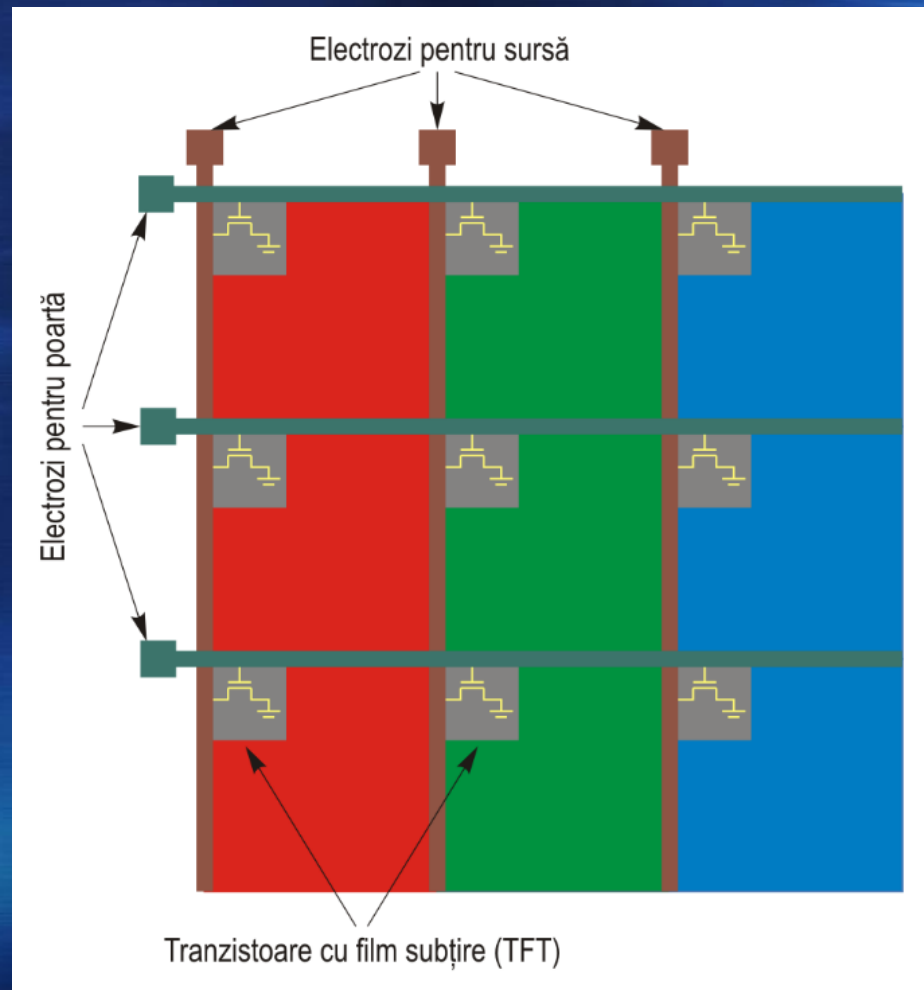


- Un pixel al afișajului cu matrice activă
- Element activ: **tranzistor cu efect de câmp** (FET – *Field Effect Transistor*)
- Material semiconductor: siliciu
- **Siliciu cristalin** (c-Si)
 - Costisitor
 - Mobilitate ridicată a purtătorilor de sarcină → permite integrarea driverelor

Afișaje cu matrice activă (3)

- Siliciu amorf (a-Si)
 - Proces de fabricație simplu
 - Mobilitatea electronilor este relativ redusă
 - Si amorf hidrogenat (a-Si:H) crește mobilitatea electronilor
- Poli-siliciu (p-Si)
 - Constă din mici cristale de siliciu
 - Mobilitate ridicată a purtătorilor de sarcină
- Oxizi metalici semiconductori
 - Oxid de zinc-galiu-indiu (*Indium Gallium Zinc Oxide* – IGZO)

Afișaje cu matrice activă (4)



Afișaje cu matrice activă (5)

- O imagine este creată prin **baleierea matricei**:
 - Se selectează o linie de pixeli prin aplicarea tensiunii pe **electrodul de linie** conectat la porțile tranzistoarelor din acea linie
 - Se aplică tensiunile corespunzătoare imaginii pe **electrozii de coloană** conectați la sursele tranzistoarelor
 - Operațiile se repetă pentru fiecare linie
 - Frecvența de reîmprospătare: 50 sau 60 Hz

Afișaje cu matrice activă (6)

- **Avantaje** (comparativ cu afișajele cu matrice pasivă):
 - Timp de răspuns mai redus
 - Contrast mai ridicat
 - Nivel de strălucire mai ridicat
 - Unghi de vizualizare mai mare
- **Dezavantaje:**
 - Necesită o lumină de fond mai puternică
 - Cost mai ridicat

Tehnici de adresare

- Tehnici de adresare
 - Adresare directă și multiplexată
 - Afișaje cu matrice pasivă
 - Afișaje cu matrice activă
 - Pixeli defecti

Pixeli defecti (1)

- Pentru rezoluții înalte, este necesar un număr mare de tranzistoare
 - Rezoluție **4K**: $3840 \times 2160 \times 3 \cong 24,9$ milioane de tranzistoare
- Tranzistoare defecte datorită impurităților
 - **Pixel luminos** (aprins în permanență)
 - **Pixel negru** (stins în permanență)
 - **Pixel blocat** (unul sau doi sub-pixeli aprinși sau stinși)
 - Producătorii stabilesc limite pentru un număr acceptabil de pixeli defecti

Pixeli defecti (2)

- **Standarde ISO:** cerințe ergonomice pentru afișajele cu panouri plate
 - ISO 13406, Partea 2 (2001)
 - ISO 9241, Partea 303 (2008, 2011)
 - Cerințe de calitate a imaginii:
 - Trei **tipuri** de pixeli defecti
 - Patru **clase** de afișaje (Clasa II: afișaje obișnuite)
 - Numărul maxim de pixeli defecti de fiecare tip pe milioane de pixeli pentru fiecare clasă
 - Numărul maxim de pixeli defecti într-un bloc de 5x5 pixeli

Afișaje cu cristale lichide

- Cristale lichide
- Tehnologia *Twisted Nematic*
- Tipuri ale luminii de fond
- Tehnici de adresare
- Parametrii afișajelor
- Tehnologia *Vertical Alignment*
- Tehnologia *In-Plane Switching*

Parametrii afișajelor

- Parametrii afișajelor
 - Timpul de răspuns
 - Contrastul
 - Numărul de culori
 - Gama de culori
 - Unghiul de vizualizare

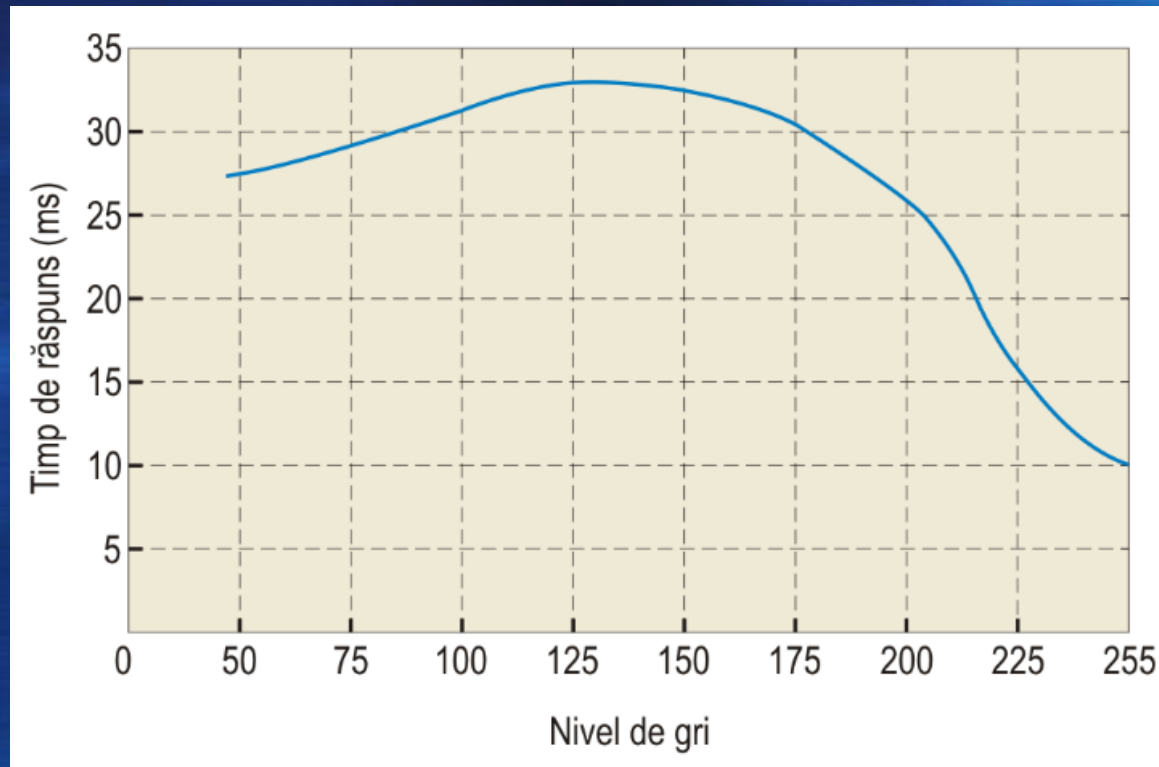
Timpul de răspuns (1)

- Timpul necesar pentru schimbarea orientării cristalelor lichide → tranziția culorii
- Important mai ales pentru **imagini dinamice**
- Mod standard de măsurare
 - Timpul total al unei tranziții **negru-alb** (*timp de creștere* – t_R) și **alb-negru** (*timp de descreștere* – t_F)
 - Exemplu pentru un afișaj **TN**: $t_R=5$ ms, $t_F=20$ ms
 - Variația strălucirii: 10% → 90% → 10%
 - Standard ISO

Timpul de răspuns (2)

- Timpul de răspuns este dependent de **tehnologia** utilizată
- Variaza cu **tranziția de culoare**
 - Viteza orientării este proporțională cu intensitatea câmpului electric aplicat
 - Majoritatea tranzițiilor se realizează între nuanțe de gri
 - Diagramă: dependența timpului de răspuns de nivelul de gri final (tranziții **negru-gri**)

Timpul de răspuns (3)



- Axa x: nivelul de gri (cod)
- Axa y: timpul de răspuns al pixelului (ms)

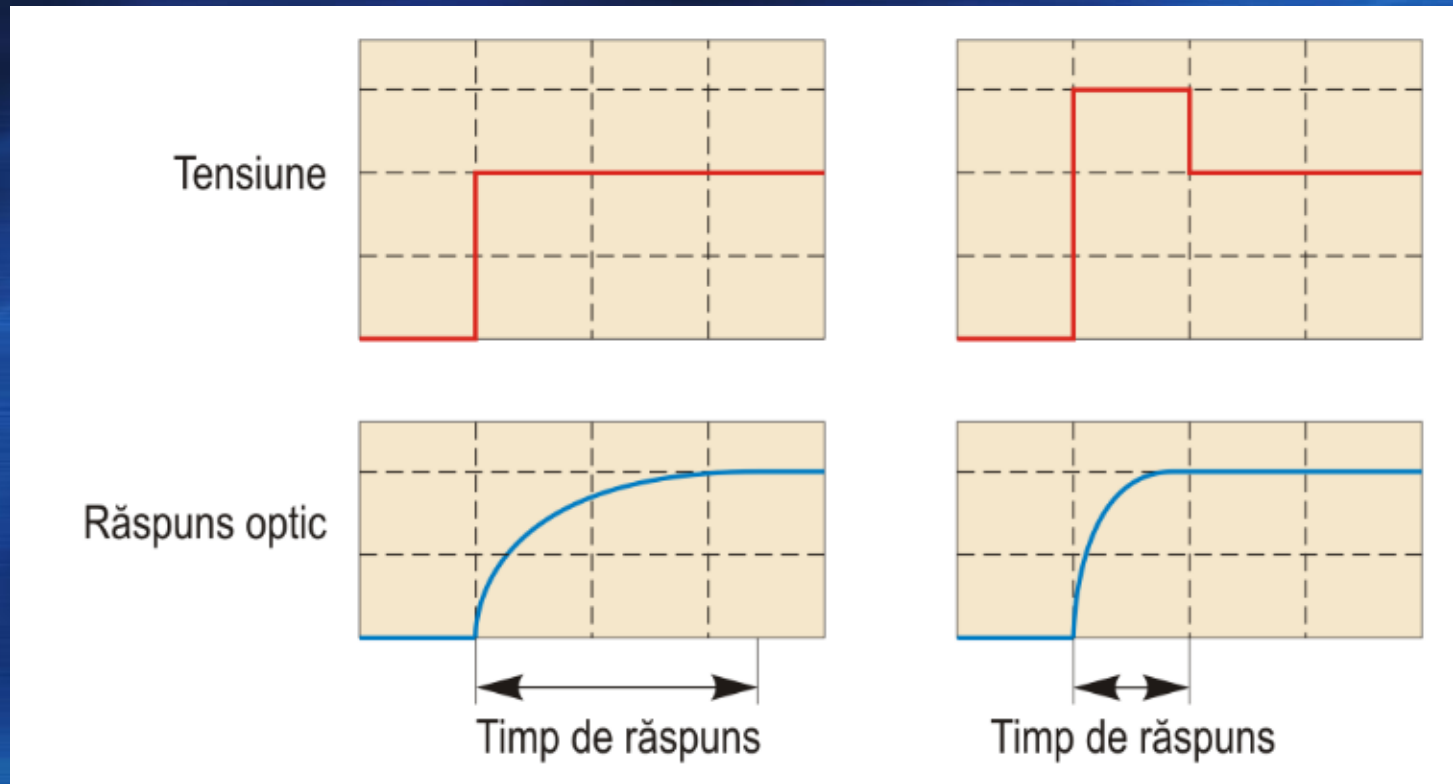
Timpul de răspuns (4)

- Timpul de răspuns depinde de **setarea contrastului** afişajului
 - Orientarea cu unghi minim (culoarea albă) este atinsă numai la contrastul maxim
 - Reducerea contrastului creşte timpul de răspuns
- Dependenţa de **setarea strălucirii**
 - La o strălucire redusă, timpul poate creşte
 - Controlul strălucirii prin ajustarea intensităţii luminii de fond: timpul nu este afectat

Timpul de răspuns (5)

- Compensarea timpului de răspuns
- **RTC** – *Response Time Compensation*
 - Tehnică pentru îmbunătățirea timpului de răspuns pentru tranziții **gri-gri**
 - Aplicarea unei supratensiuni cristalelor → sunt forțate într-o poziție intermediară
 - Afișajele care utilizează tehnica **RTC** au timpi de răspuns specificați pentru tranziții **gri-gri** (**G2G**)

Timpul de răspuns (6)



Timpul de răspuns (7)



- Timpul de răspuns pentru afișaje TN:
 - Fără RTC: 5 .. 10 ms
 - Cu RTC: 1 .. 5 ms
- Probleme ale tehnicii RTC
 - Pot fi vizibile zgomote video
 - Remanența imaginii datorită stării intermediare

Timpul de răspuns (8)



a) Fără remanența imaginii



b) Cu remanența imaginii

Timpul de răspuns (9)

- Variante ale tehnicii RTC
 - ViewSonic: ClearMotiv
 - RTC avansat: îmbunătățește și tranzițiile negru-negru
 - Obturarea luminii de fond: stingerea luminii de fond pentru o perioadă scurtă
 - LG Display: Over Driving Circuit (ODC)
 - Samsung: MagicSpeed / Response Time Acceleration (RTA)
 - NEC Display Solutions: Rapid Response



Timpul de răspuns (10)

- BenQ: Advanced Motion Accelerator (AMA)



- Reducerea neclarității datorită mișcării: **inserarea cadrelor negre** (BFI – *Black Frame Insertion*)
- AMA Z**: tehnica **AMA** combinată cu **BFI**



Parametrii afișajelor

- Parametrii afișajelor
 - Timpul de răspuns
 - Contrastul
 - Numărul de culori
 - Gama de culori
 - Unghiul de vizualizare

Contrastul (1)

- Contrast static

- Raportul luminozității culorilor alb și negru
- Măsurat în centrul ecranului
- Obținerea unui contrast ridicat este mai dificilă
- Afișaj pasiv: modulează lumina de fond
- Nu este posibilă blocarea completă a luminii de fond → contrastul este redus
- Contraste statice pentru afișaje TN: $< 1000:1$
- Cu alte tehnologii: până la 3000:1

Contrastul (2)

- Contrast dinamic

- Controlul dinamic al contrastului: obținut prin ajustarea intensității luminii de fond
- Reducerea intensității în scene întunecate
- Creșterea intensității în scene luminoase
- Luminozitatea culorii albe/negre: măsurată la intensitatea maximă/minimă a luminii de fond
- Iluminare cu diode LED: se pot obține valori foarte ridicate ale contrastului ($> 1.000.000:1$)

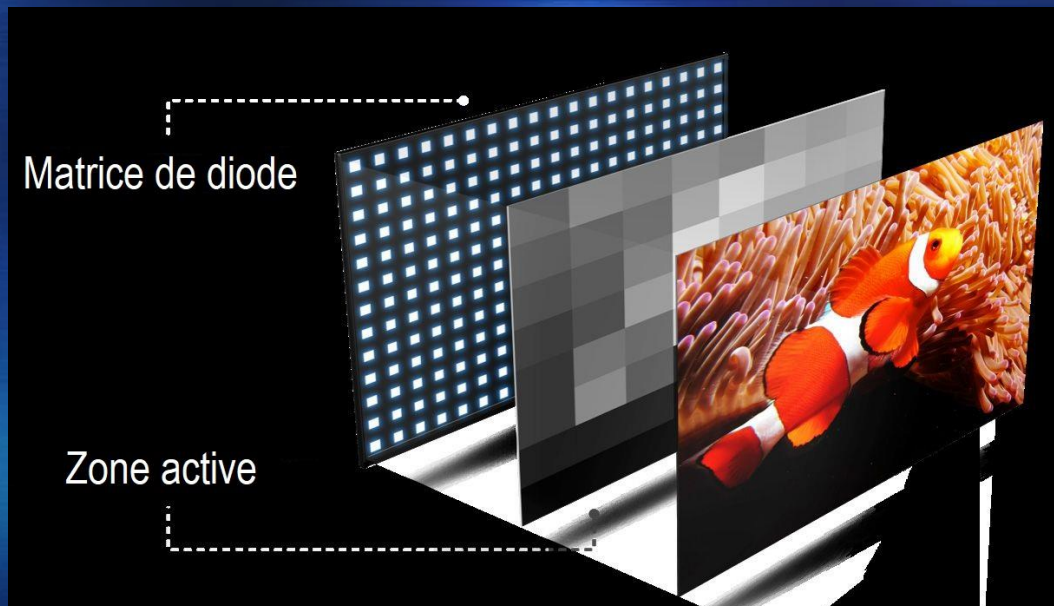
Contrastul (3)

- **Lămpi fluorescente sau șiruri de diode LED:** se modifică luminozitatea întregului ecran
- **Matrice de diode LED:** luminozitatea se poate modifica selectiv în diferite zone



Contrastul (4)

- Tehnica **FALD** (*Full-Array Local Dimming*) poate îmbunătăți contrastul dinamic
 - O zonă afectează intensitatea unui număr mare de pixeli → efecte vizuale nedorite



Parametrii afișajelor

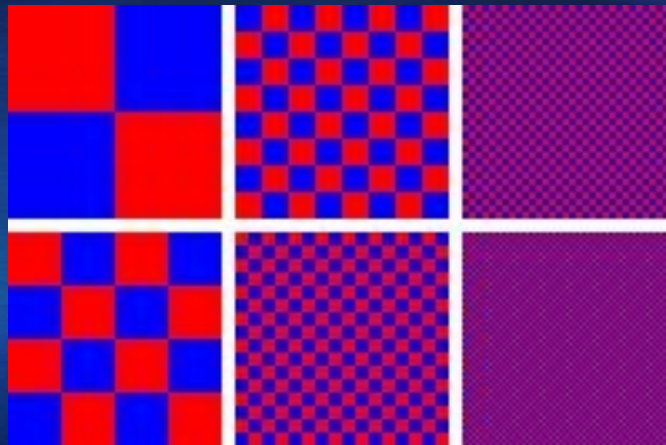
- Parametrii afișajelor
 - Timpul de răspuns
 - Contrastul
 - Numărul de culori
 - Gama de culori
 - Unghiul de vizualizare

Numărul de culori (1)

- Reprezintă numărul de culori care pot fi reproduse de afișaj
 - Determinat de numărul orientărilor posibile în fiecare sub-pixel
- **Tehnologia TN:** numai 64 de orientări
 - Numărul de culori: 262.144
 - 6 biți pe sub-pixel → culoare de 18 biți
 - Tehnici pentru creșterea numărului de culori: **intercalarea spațială a culorilor și controlul ratei cadrelor**

Numărul de culori (2)

- Intercalarea spațială a culorilor (*dithering*)
 - Se creează o nouă culoare prin pixeli adiacenți cu nuanțe ușor diferite
 - Ochiul va combina culorile pixelilor apropiați



Numărul de culori (3)

- Controlul ratei cadrelor
 - FRC – *Frame Rate Control*
 - Reprezintă o intercalare temporală
 - Culoarea unui pixel sau grup de pixeli se modifică ușor în timpul unor cadre succesive
 - Dacă **se combină patru cadre**: numărul de culori poate crește la 16,2 milioane
 - Calitatea reproducerii culorilor poate fi afectată: benzi transversale, pâlpâire

Numărul de culori (4)

- Calitatea tehnicii **FRC** poate depinde de setările luminozității și ale contrastului
- **Tehnologiile VA, IPS**: culoare de 24 biți, fără tehnici speciale
- **Culoare de 30 biți** (10 biți pe sub-pixel)
 - Număr de culori de peste 1 miliard
 - Uneori se utilizează culori de 24 biți + **FRC**
 - Culoare reală de 30 biți: monitoare profesionale

Parametrii afişajelor

- Parametrii afişajelor
 - Timpul de răspuns
 - Contrastul
 - Numărul de culori
 - Gama de culori
 - Unghiul de vizualizare

Gama de culori (1)

- **Gamă**: subșetul culorilor care pot fi reproduse într-un spațiu de culori
- **Spații de culori**
 - **sRGB** (standard **RGB**): Creat de Microsoft și HP pentru monitoare, imprimante, Internet
 - **Adobe RGB**: Dezvoltat de Adobe Systems pentru a include culorile obținute cu imprimante **CMYK**, utilizând culori **RGB**
 - **NTSC**: Definit de *National Television System Committee*
 - **BT.2020** (Rec. 2020): Definit de *International Telecommunication Union* (ITU)

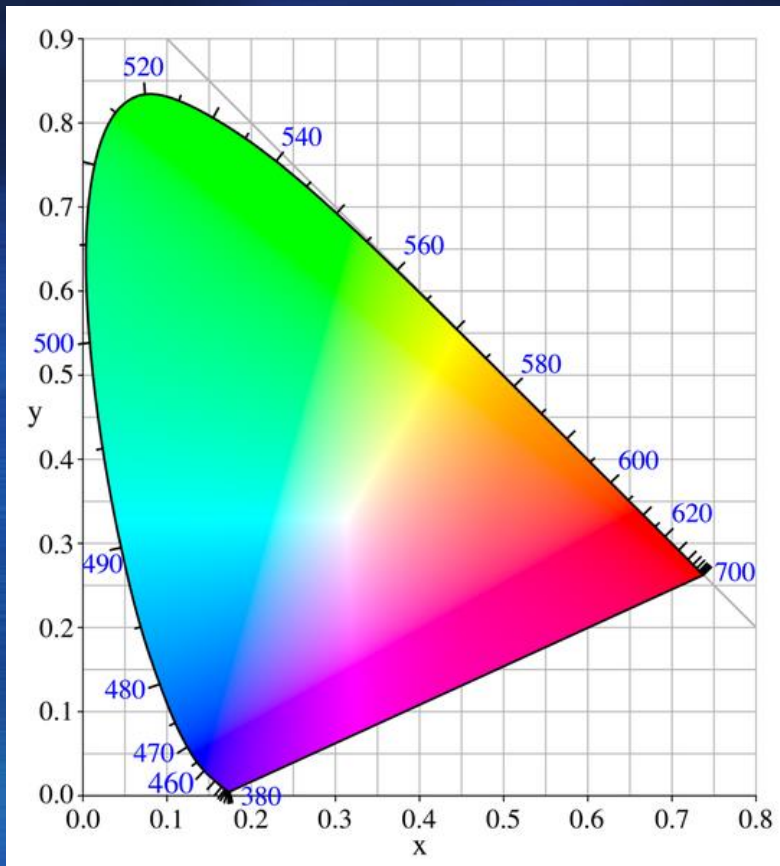
Gama de culori (2)

- Concepte referitoare la culoare
 - Culoare: strălucire (luminanță) + cromaticitate
 - Luminanță: măsură a intensității luminoase pe unitatea de suprafață → cd/m^2
 - Cromaticitate: calitatea unei culori independent de luminanța sa
 - Cromaticitate: definită de nuanță și saturație
 - Nuanță: dependentă de lungimea de undă a luminii în spectrul vizibil

Gama de culori (3)

- **Saturație**: raportul lungimii de undă dominante la alte lungimi de undă; puritatea culorii
- **Diagrama de cromaticitate CIE**
 - **CIE** – *Commission Internationale de l'Éclairage*
 - Reprezentarea percepției umane a culorii
 - Model 3D proiectat pe un plan → diagramă 2D
 - Coordonate de cromaticitate **x**, **y**: mapează culoarea pe baza valorilor **nuanței** și a **saturației**

Gama de culori (4)

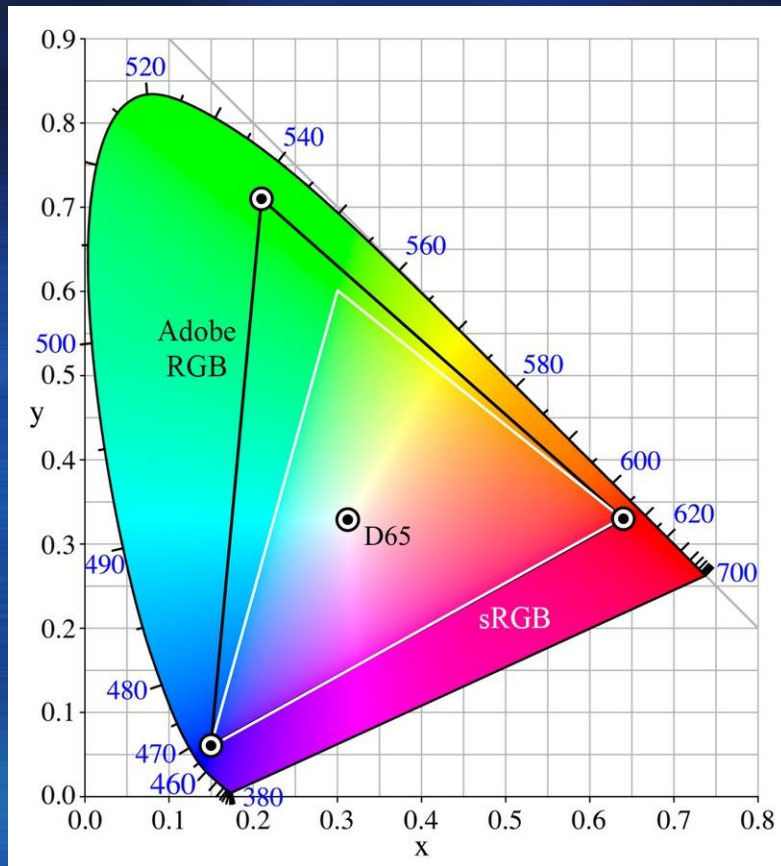


- Gama de culori a unei persoane obișnuite
- Marginea diagramei: lumină monocromatică
- **sRGB**: acoperă 35,9% din culorile percepute de ochiul uman
- **Adobe RGB**: 52%
- **NTSC**: 54%
- **BT.2020**: 75,8%

Gama de culori (5)

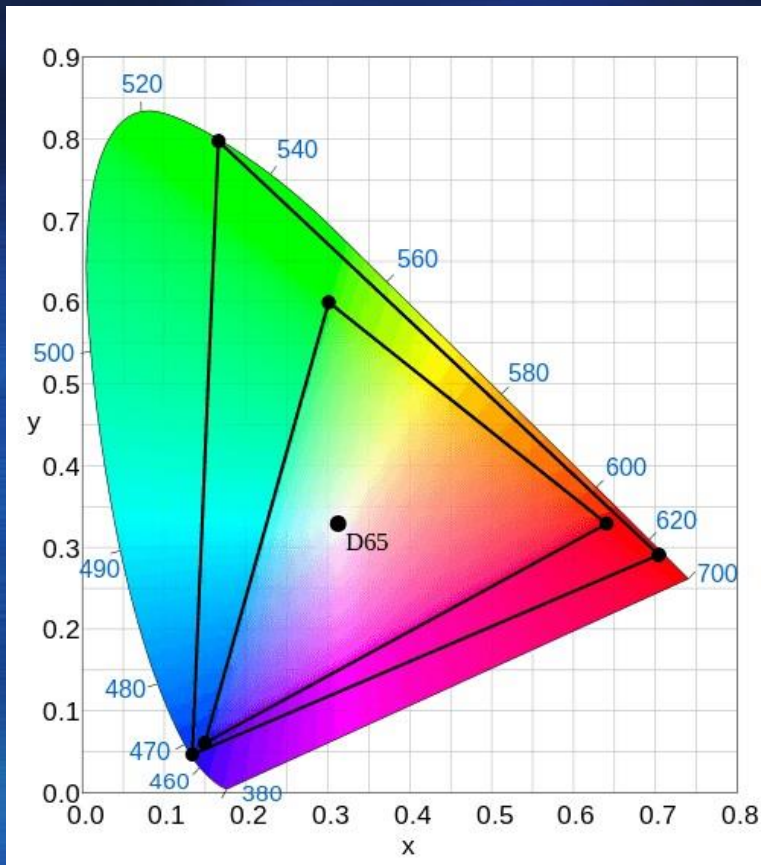
- Gama de culori a afişajelor cu cristale lichide: depinde şi de **tipul luminii de fond**
 - **CCFL standard**: gama acoperă aprox. spaţiul de culori **sRGB** (72% din spaţiul de culori **NTSC**)
 - **CCFL îmbunătăţit**: 92% .. 102% din spaţiul de culori **NTSC**
 - **Diode LED albe**: 68% .. 72% din spaţiul de culori **NTSC**
 - **Diode LED RGB**: > 114% din spaţiul de culori **NTSC**

Gama de culori (6)



- **Triunghi al culorilor:** unirea pozițiilor pentru culorile primare
- **D65:** indică punctul de culoare albă
 - **D65** se referă la condiții standard de iluminare (CIE)
 - Corespunde luminii naturale din mijlocul zilei

Gama de culori (7)



- Gama spațiului **BT.2020** (triunghi exterior) comparativ cu **sRGB**
- Acoperă în întregime spațiile de culori **sRGB** și **Adobe RGB**
- Acoperirea întregului spațiu **BT.2020** este extrem de dificilă
- Lumină de fond specială; filtre de calitate; tehnologie de îmbunătățire a culorii (de ex., puncte cuantice)

Parametrii afișajelor

- Parametrii afișajelor
 - Timpul de răspuns
 - Contrastul
 - Numărul de culori
 - Gama de culori
 - Unghiul de vizualizare

Unghiul de vizualizare (1)

- Specificat pentru câmpul orizontal / vertical
 - Exemplu: 170 / 160
- Contrastul
 - De obicei, la unghiul de vizualizare maxim este redus la 10:1
 - Anumiți producători consideră o valoare de 5:1
 - Imaginile devin distorsionate chiar și atunci când contrastul scade la aproximativ 100:1
 - Este mai important contrastul la unghiuri de vizualizare mai mici

Unghiul de vizualizare (2)

- Deplasarea culorii

- La unghiuri de vizualizare crescute, culorile pot fi reproduse incorect
- De obicei, nu este luată în considerare la măsurarea unghiurilor de vizualizare

- Tehnologia TN:

- Unghiurile de vizualizare sunt reduse, în special pe verticală

- Alte tehnologii:

- Unghiurile de vizualizare sunt mai mari

Afișaje cu cristale lichide

- Cristale lichide
- Tehnologia *Twisted Nematic*
- Tipuri ale luminii de fond
- Tehnici de adresare
- Parametrii afișajelor
- Tehnologia *Vertical Alignment*
- Tehnologia *In-Plane Switching*

Tehnologia *Vertical Alignment*

- Tehnologia *Vertical Alignment* (VA)
 - Principiul tehnologiei VA
 - Tehnologia *Multi-Domain VA*
 - Tehnologia *Patterned VA*

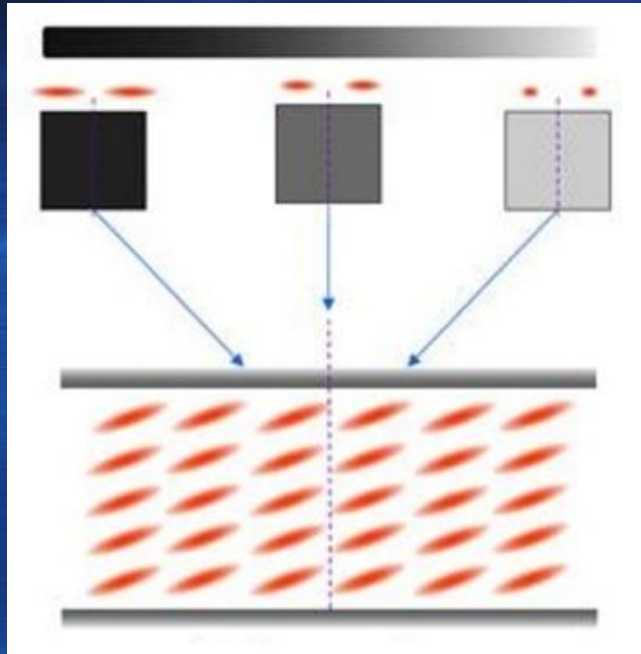
Principiul tehnologiei VA (1)

- **VA** – *Vertical Alignment*
- Dezvoltată de firma Fujitsu Ltd.
- Utilizează **un nou tip de cristale lichide**, denumite “cu aliniere verticală”
- **În lipsa unei tensiuni aplicate** între electrozi, moleculele sunt aliniate perpendicular pe plăcile de sticlă
 - Lumina este blocată de polarizatorul din partea din față a ecranului

Principiul tehnologiei VA (2)

- Blocarea luminii este aproape completă → se obține o culoare neagră de calitate ridicată
- La aplicarea unei tensiuni între electrozi, moleculele se înclină cu până la 90°
 - Permit trecerea luminii într-o măsură proporțională cu tensiunea aplicată
 - Moleculele sunt aliniate în mod uniform
 - Strălucirea unei celule se modifică în funcție de unghiul de vizualizare

Principiul tehnologiei VA (3)



- Celula vizualizată din față: este vizibilă doar o parte a luminii
- Din direcția de înclinare: celulă luminoasă
- Din direcția normală pe cea a înclinării: celulă întunecată
- Unghiul de vizualizare este limitat

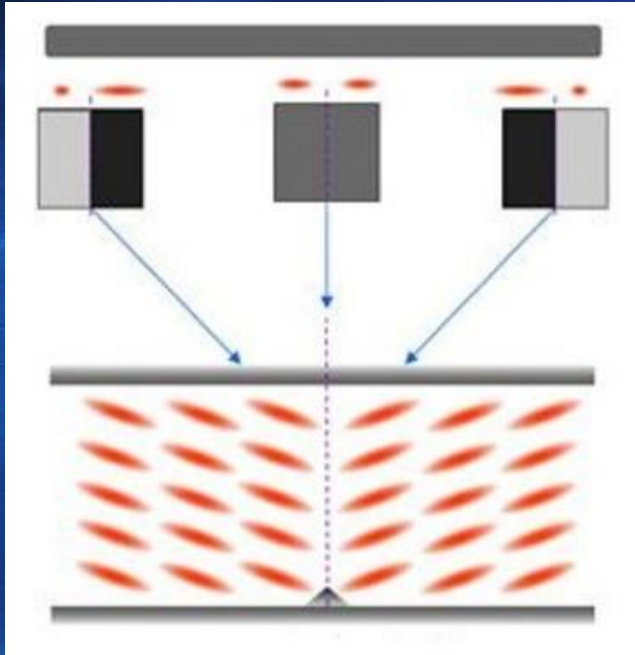
Tehnologia *Vertical Alignment*

- Tehnologia *Vertical Alignment* (VA)
 - Principiul tehnologiei VA
 - Tehnologia *Multi-Domain VA*
 - Tehnologia *Patterned VA*

Tehnologia *Multi-Domain VA* (1)

- *MVA – Multi-Domain Vertical Alignment*
- Îmbunătățirea tehnologiei *VA*
 - Reduce dependența luminozității de unghiul de vizualizare
- În lipsa unei tensiuni aplicate, moleculele sunt înclinate cu anumit unghi
- Fiecare celulă este împărțită în două sau mai multe regiuni (*domenii*)
 - În fiecare domeniu, moleculele vor fi aliniate în mod diferit de cele din domeniile vecine

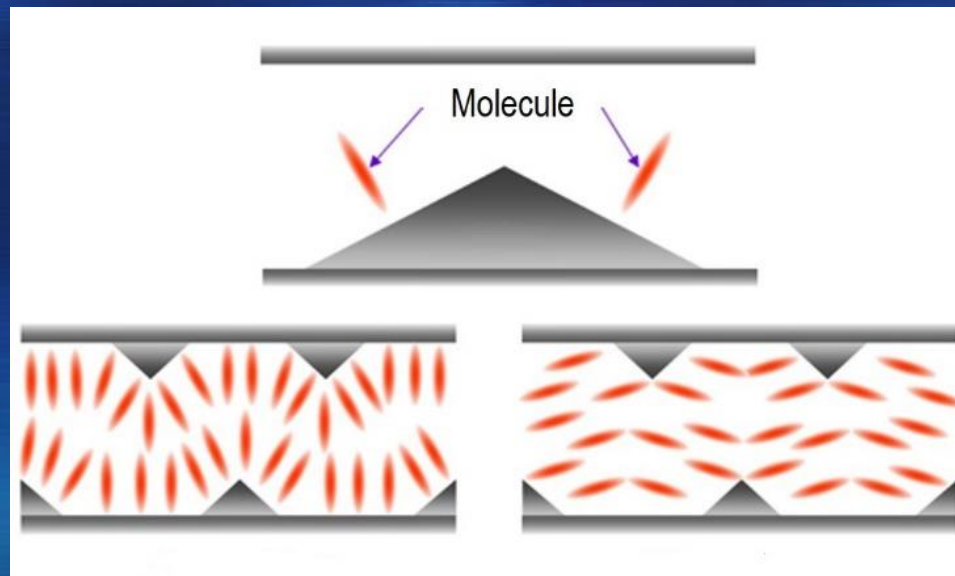
Tehnologia *Multi-Domain VA* (2)



- Afișaj **MVA** cu două domenii
- Combinarea unor zone cu molecule orientate în direcții opuse
- **Luminozitate mai uniformă** a celulelor
- Crearea domeniilor: cu **protuberanțe** piramidale
- Modificarea amplasării protuberanțelor: se pot crea mai multe domenii

Tehnologia *Multi-Domain VA* (3)

- **Stare inactivă:** moleculele se aliniază perpendicular pe marginile protuberanțelor
- **Stare activă:** moleculele se înclină pe orizontală



Celulă **MVA** în stare inactivă (stânga) și activă (dreapta)

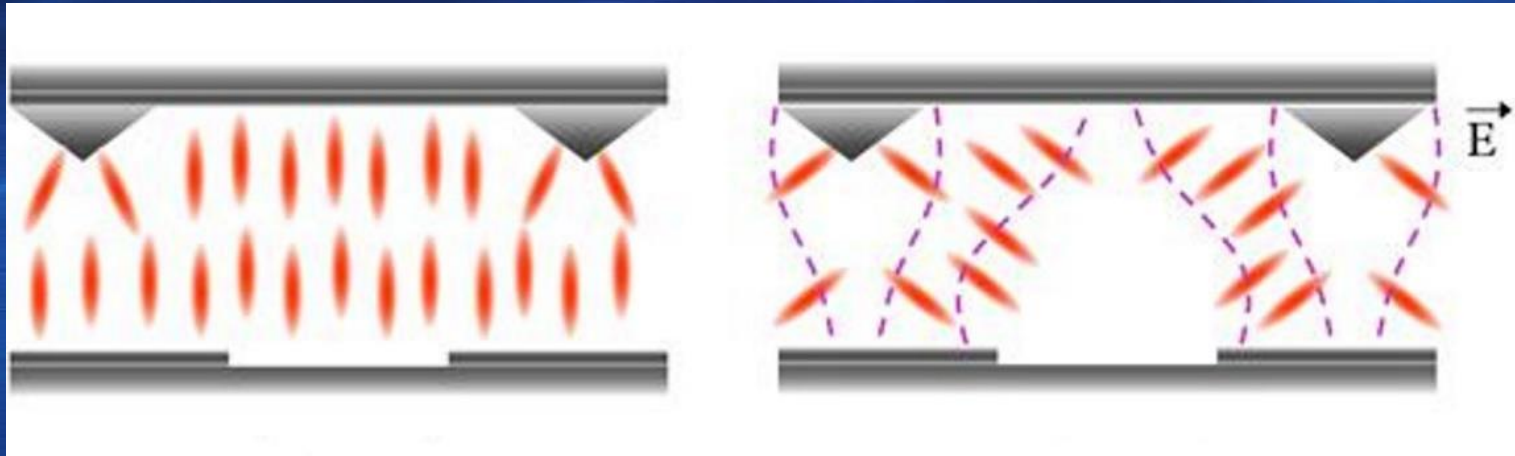
Tehnologia *Multi-Domain VA* (4)

- Sunt necesare cel puțin patru domenii
 - Aranjarea protuberanțelor în diferite forme (de ex., în V)
- Dezavantaje
 - Se reduce **contrastul** din cauza dispersiei luminii în jurul protuberanțelor
 - Sunt necesare **două procese fotolitografice** pentru formarea protuberanțelor pe ambele substraturi

Tehnologia *Multi-Domain VA* (5)

- Tehnologie MVA îmbunătățită
 - Protuberanțele de pe un substrat sunt înlocuite cu **electrozi transparenti** pentru fiecare pixel
 - Câmpurile electrice oblice din jurul protuberanțelor rămase păstrează aceeași aliniere a moleculelor de cristale lichide
 - **Avantaje:**
 - Costuri de producție reduse
 - Contrast îmbunătățit

Tehnologia *Multi-Domain VA* (6)



Celulă *MVA îmbunătățită* în stare inactivă (stânga) și activă (dreapta)

Tehnologia *Multi-Domain VA* (7)

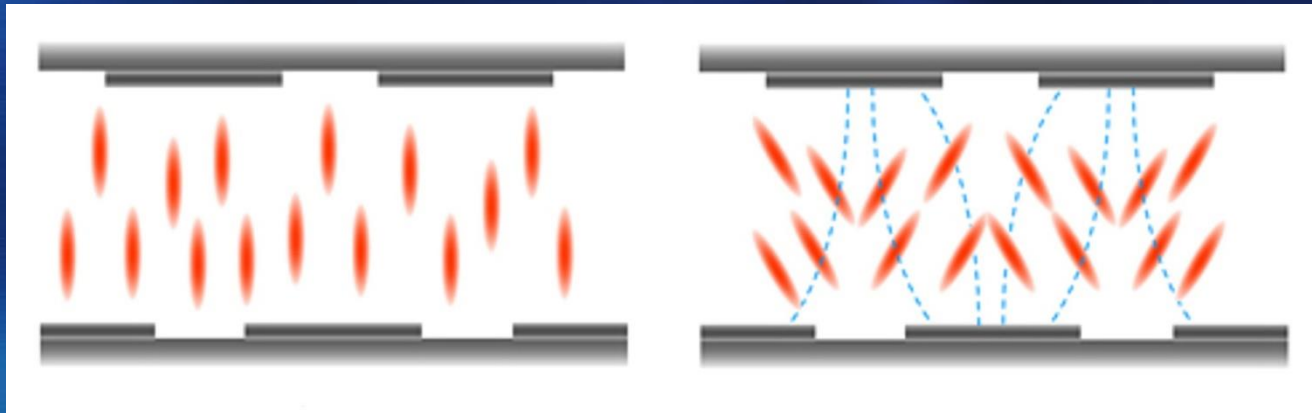
- Caracteristici ale tehnologiei MVA
 - Timp de răspuns: ~ 12 ms (fără RTC)
 - Timpul de răspuns crește semnificativ dacă schimbarea de culoare necesară este redusă
 - Contrastul: este îmbunătățit comparativ cu cel al tehnologiei TN
 - Unghiul de vizualizare: mult mai mare, de ex., 160° pe orizontală și pe verticală
 - Reproducerea culorilor: îmbunătățită față de TN, dar problematică într-o direcție perpendiculară

Tehnologia *Vertical Alignment*

- Tehnologia *Vertical Alignment* (VA)
 - Principiul tehnologiei VA
 - Tehnologia *Multi-Domain VA*
 - Tehnologia *Patterned VA*

Tehnologia *Patterned VA* (1)

- **PVA** – *Patterned Vertical Alignment*
- Dezvoltată de Samsung Electronics
- Protuberanțele de pe ambele substraturi sunt înlocuite cu electrozi → în zigzag



Celulă **PVA** în stare inactivă (stânga) și activă (dreapta)

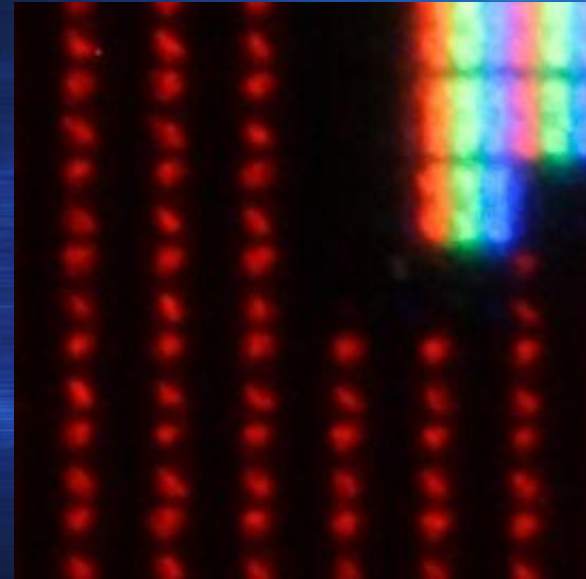
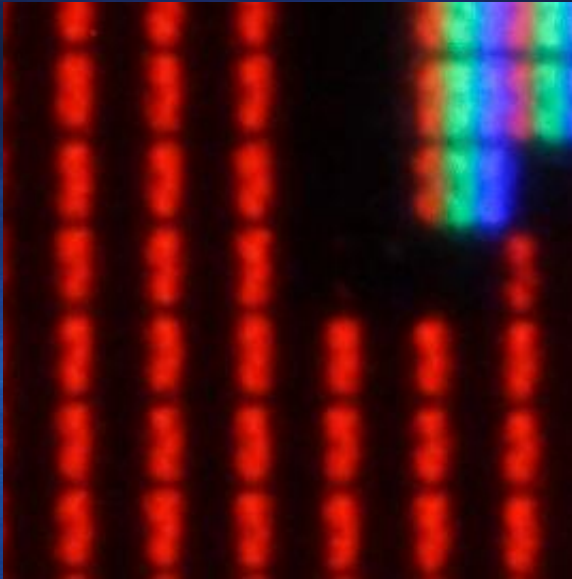
Tehnologia *Patterned VA* (2)

- **Contrast:** îmbunătățit (până la 3000:1)
- **Timp de răspuns:** similar cu tehnologia **MVA**
 - Crește semnificativ dacă diferența între nuanțele celor două culori este redusă
 - Se poate îmbunătăți cu tehnica **RTC**
- **Numărul de culori**
 - Afișajele cu cost redus pot utiliza culori de 18 biți și tehnica controlului ratei cadrelor **FRC**
- **Calitatea culorilor:** problematică pentru o direcție strict perpendiculară pe ecran

Tehnologia *Patterned VA* (3)

- Tehnologie PVA îmbunătățită
 - S-PVA (*Super-PVA*)
 - Timp de răspuns îmbunătățit → metodă RTC avansată (*Dynamic Capacitance Compensation*)
 - Exemplu: 50 ms → 8 ms
 - Nu se utilizează metode de simulare a culorilor → culori de 24 biți sau 30 biți
 - Structura sub-pixelilor modificată → două secțiuni aliniate în direcții opuse

Tehnologia *Patterned VA* (4)



- Sub-pixeli roșii la luminozitate maximă (stânga) și minimă (dreapta)
- Sub-pixel: două zone, cu patru domenii fiecare
 - Structura poate compensa **deplasarea culorilor**
- Unghiurile de vizualizare sunt asimetrice

Rezumat (1)

- Există două metode de adresare a elementelor de afișare:
 - Adresare **directă**
 - Adresare **multiplexată**
- Afișajele cu adresare multiplexată pot utiliza o **matrice pasivă** sau o **matrice activă**
 - Afișajele cu matrice activă au avantaje importante față de cele cu matrice pasivă
- Afișajele cu cristale lichide necesită tehnici speciale pentru îmbunătățirea unor parametri

Rezumat (2)

- **Timpul de răspuns** este important mai ales pentru imaginile dinamice
 - Depinde de mai mulți factori
 - **Tehnica RTC** îmbunătățește timpul de răspuns pentru tranzițiile gri-gri
- Este posibil **controlul dinamic al contrastului** prin ajustarea intensității luminii de fond
- **Numărul de culori** este problematic la tehnologia TN
 - Creșterea numărului de culori: **intercalarea spațială a culorilor, controlul ratei cadrelor**

Rezumat (3)

- Gama de culori poate fi reprezentată prin diagrama de cromaticitate CIE
 - Este mai largă dacă se utilizează diode LED RGB
- Unghiul de vizualizare este cel mai redus în cazul tehnologiei TN
- Tehnologia MVA îmbunătățește contrastul, unghiul de vizualizare și reproducerea culorilor comparativ cu tehnologia TN
 - Tehnologia PVA îmbunătățește contrastul
 - Tehnologia S-PVA îmbunătățește timpul de răspuns și numărul de culori

Noțiuni, cunoștințe (1)

- Adresarea directă și multiplexată
- Principiul afișajelor cu matrice pasivă
- Principiul afișajelor cu matrice activă
- Materiale semiconductoare utilizate pentru afișajele cu matrice activă
- Timpul de răspuns
- Compensarea timpului de răspuns
- Contrastul static
- Contrastul dinamic

Noțiuni, cunoștințe (2)

- Intercalarea spațială a culorilor
- Controlul ratei cadrelor
- Gama de culori
- Unghiul de vizualizare
- Principiul tehnologiei VA
- Tehnologia MVA și MVA îmbunătățită
- Caracteristici ale tehnologiei MVA
- Tehnologia PVA și PVA îmbunătățită (S-PVA)