

Afișaje cu cristale lichide

- Cristale lichide
- Tehnologia *Twisted Nematic*
- Tehnici de adresare
- Tipuri ale luminii de fond
- 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

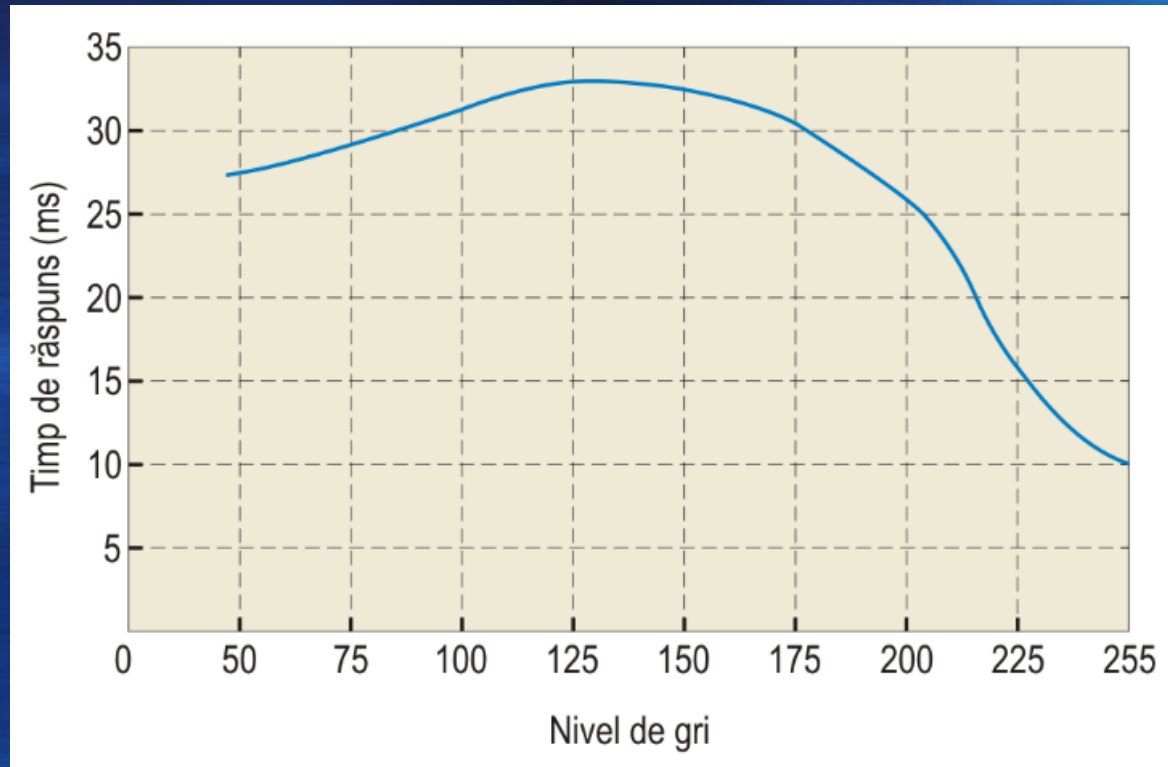
Timpul de răspuns (1)

- 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)

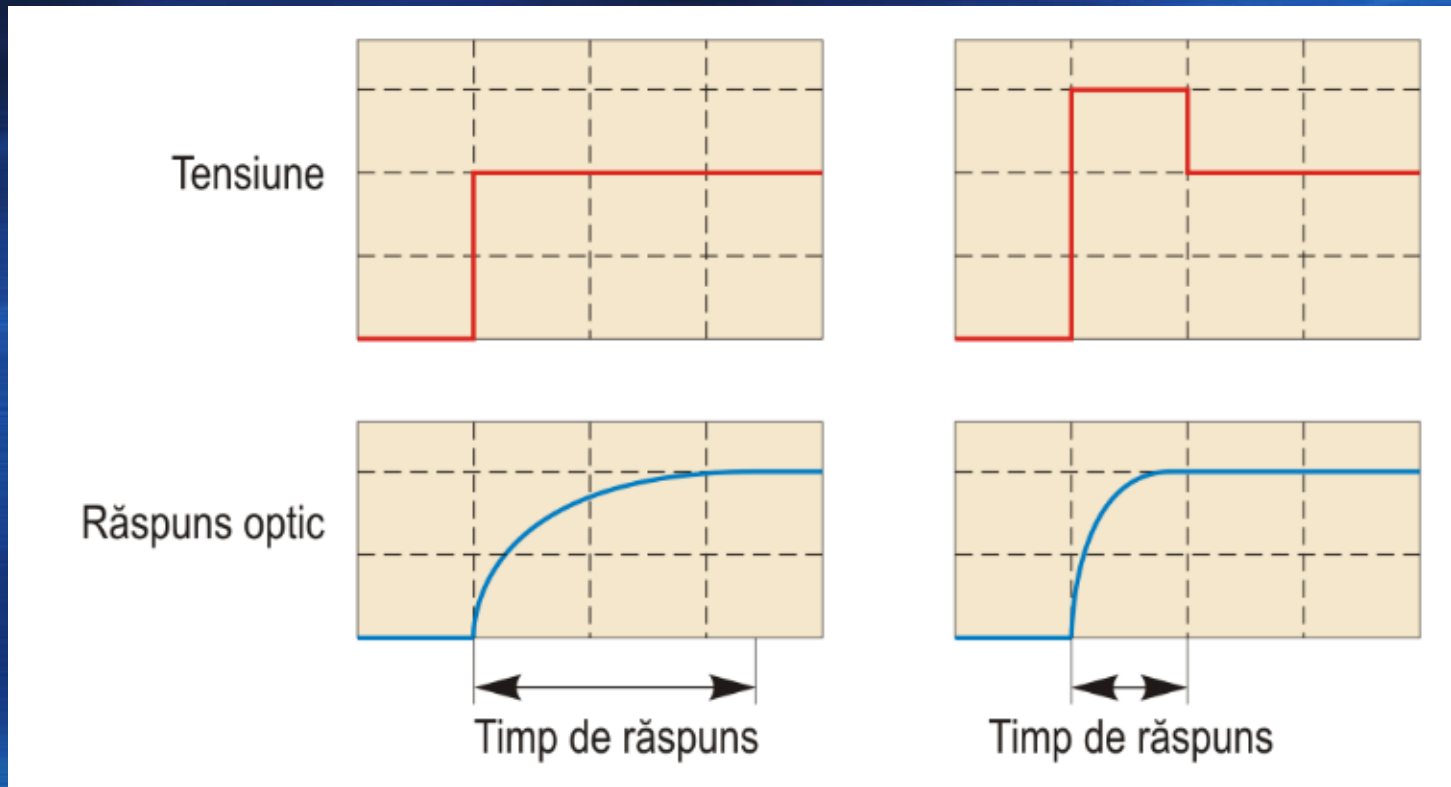
Timpul de răspuns (4)

- Timpul de răspuns depinde de **setarea contrastului** afișajului
 - Orientarea cu unghi minim (culoarea albă) este atinsă numai la contrastul maxim
 - Reducerea contrastului crește timpul de răspuns
- Dependența de **setarea strălucirii**
 - La o strălucire redusă, timpul poate crește
 - Controlul strălucirii prin ajustarea intensității 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)



- Timpuri 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 ($> 1.000.000:1$)

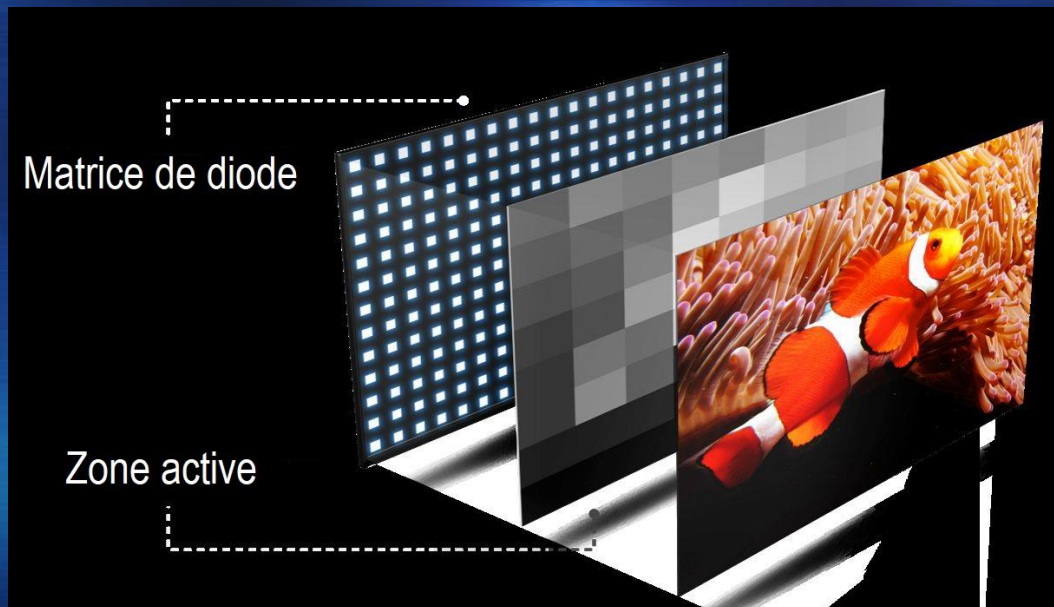
Contrastul (3)

- **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

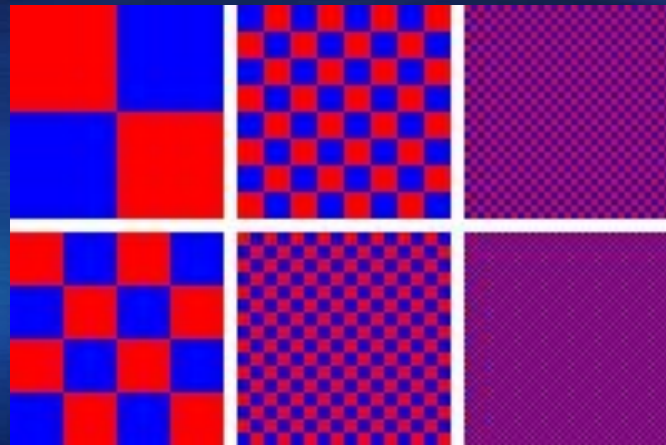
- Parametrii afișajelor
 - Timpul de răspuns
 - Contrastul
 - Numărul de culori
 - Gama de culori
 - Unghiul de vizualizare

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 afișajelor

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

Gama de culori (1)

- **Gamă**: subsetul 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)

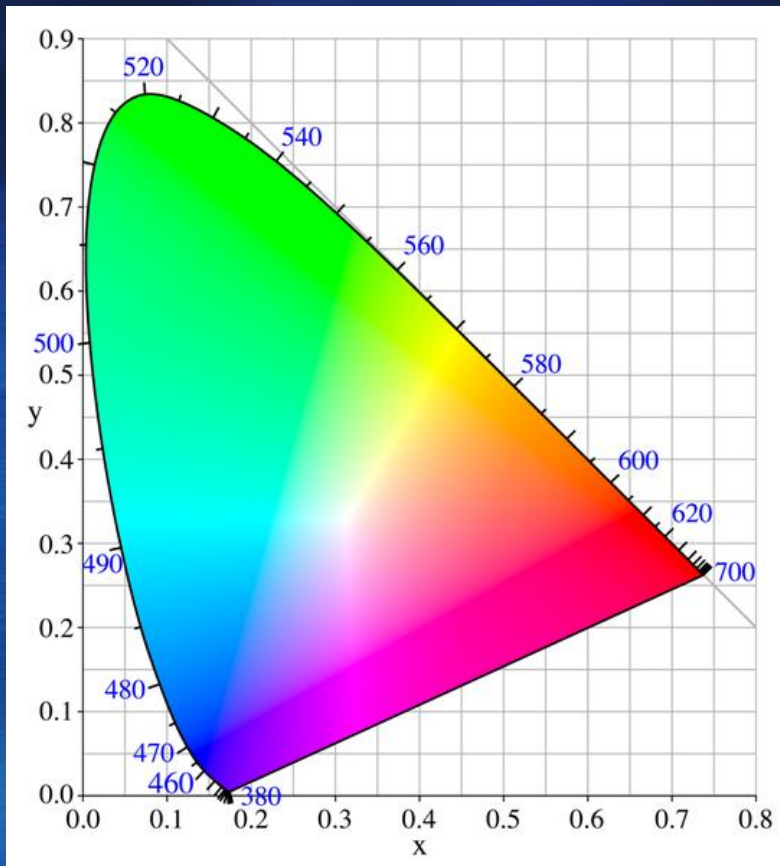
Gama de culori (2)

- **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)

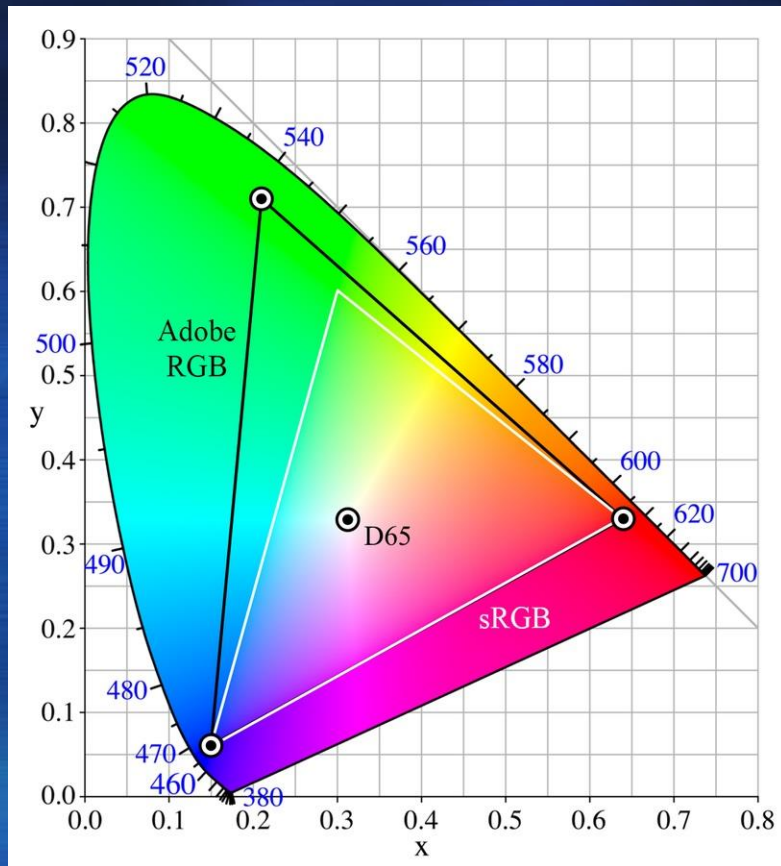


- Gama de culori a unei persoane obișnuite
- Marginea diagramei: lumină monocromatică
- **sRGB**: acoperă 35,9% din culorile percepute de ochiul uman
- **Adobe RGB**: 52%
- **NTSC**: 54%
- **BT.2020**: 75,8%

Gama de culori (5)

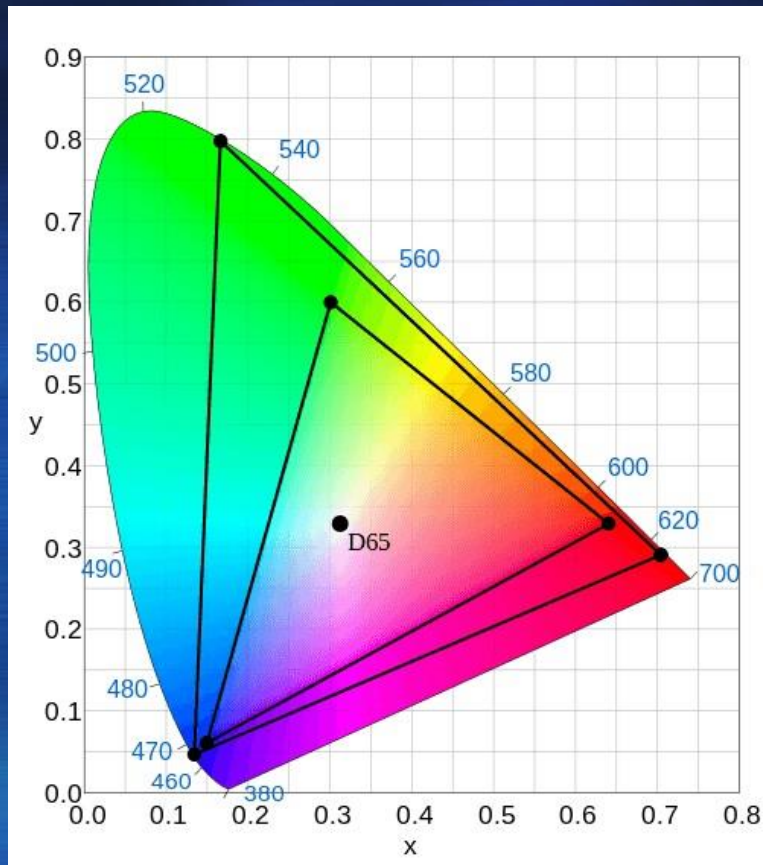
- Gama de culori a afișajelor cu cristale lichide: depinde și de **tipul luminii de fond**
 - **CCFL standard**: gama acoperă aprox. spațiul de culori **sRGB** (72% din spațiul de culori **NTSC**)
 - **CCFL îmbunătățit**: 92% .. 102% din spațiul de culori **NTSC**
 - **Diode LED albe**: 68% .. 72% din spațiul de culori **NTSC**
 - **Diode LED RGB**: > 114% din spațiul 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*
- Tehnici de adresare
- Tipuri ale luminii de fond
- 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*

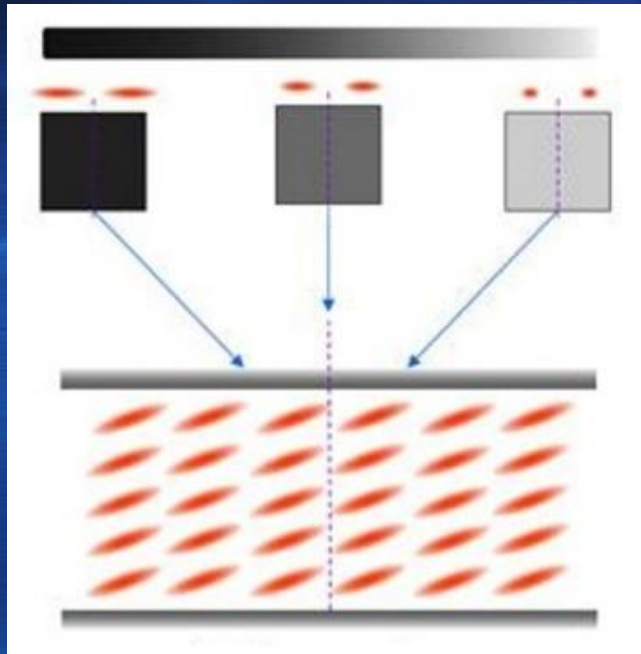
Principiul tehnologiei VA (1)

- *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 aliniat 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 aliniată 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

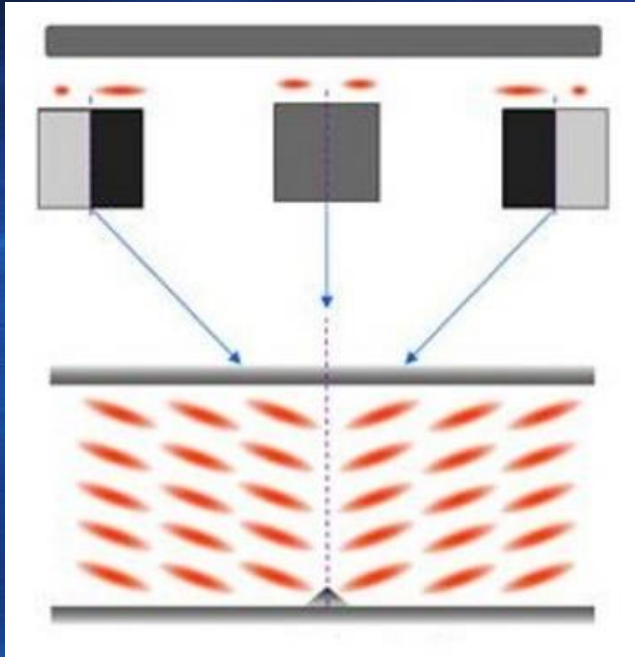
Tehnologia *Vertical Alignment*

- 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 aliniată în mod diferit de cele din domeniile vecine

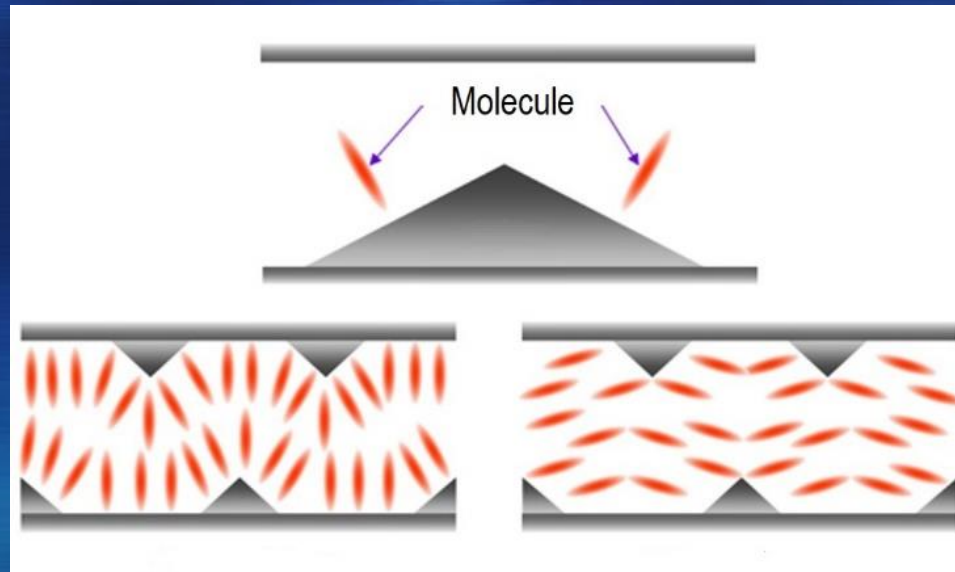
Tehnologia *Multi-Domain VA* (2)



- 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)

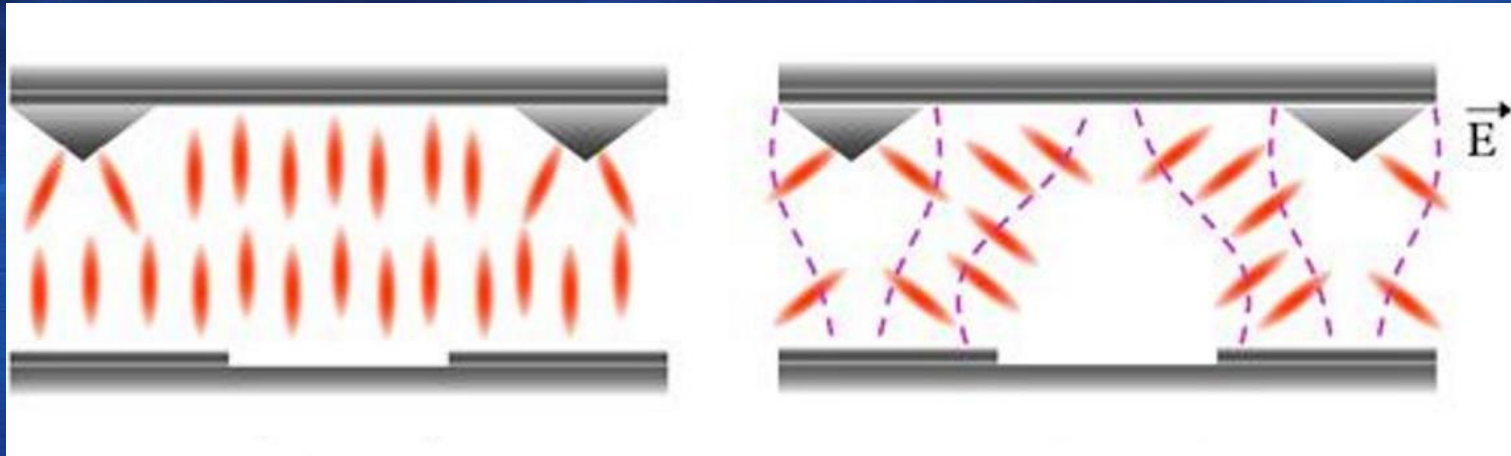
Tehnologia *Multi-Domain VA* (4)

- 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)

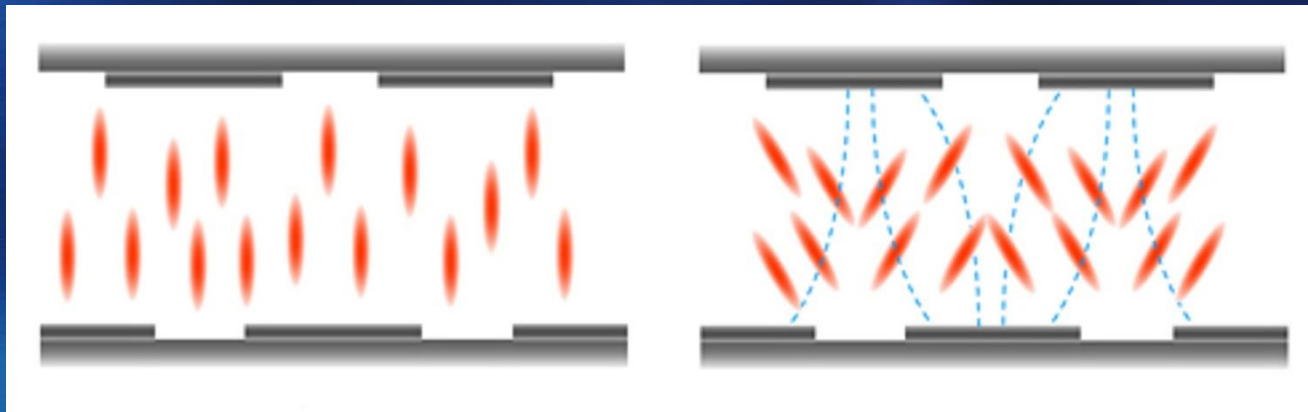
- Caracteristici ale tehnologiei MVA
 - Timp de răspuns: ~ 12 ms (fără RTC)
 - Timpul de răspuns crește semnificativ dacă schimbarea de culoare necesară este redusă
 - **Contrastul**: este îmbunătățit comparativ cu cel al tehnologiei TN
 - **Unghiul de vizualizare**: mult mai mare, de ex., 160° pe orizontală 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)

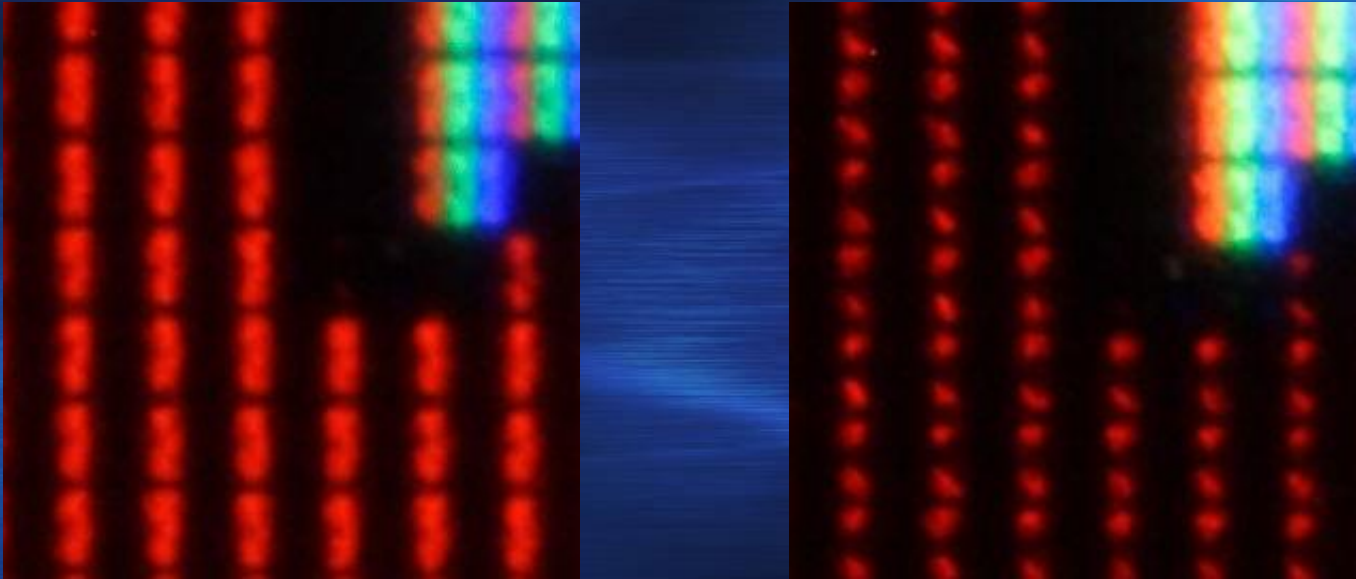
Tehnologia *Patterned VA* (2)

- **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 aliniată 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

Afișaje cu cristale lichide

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

Tehnologia *In-Plane Switching*

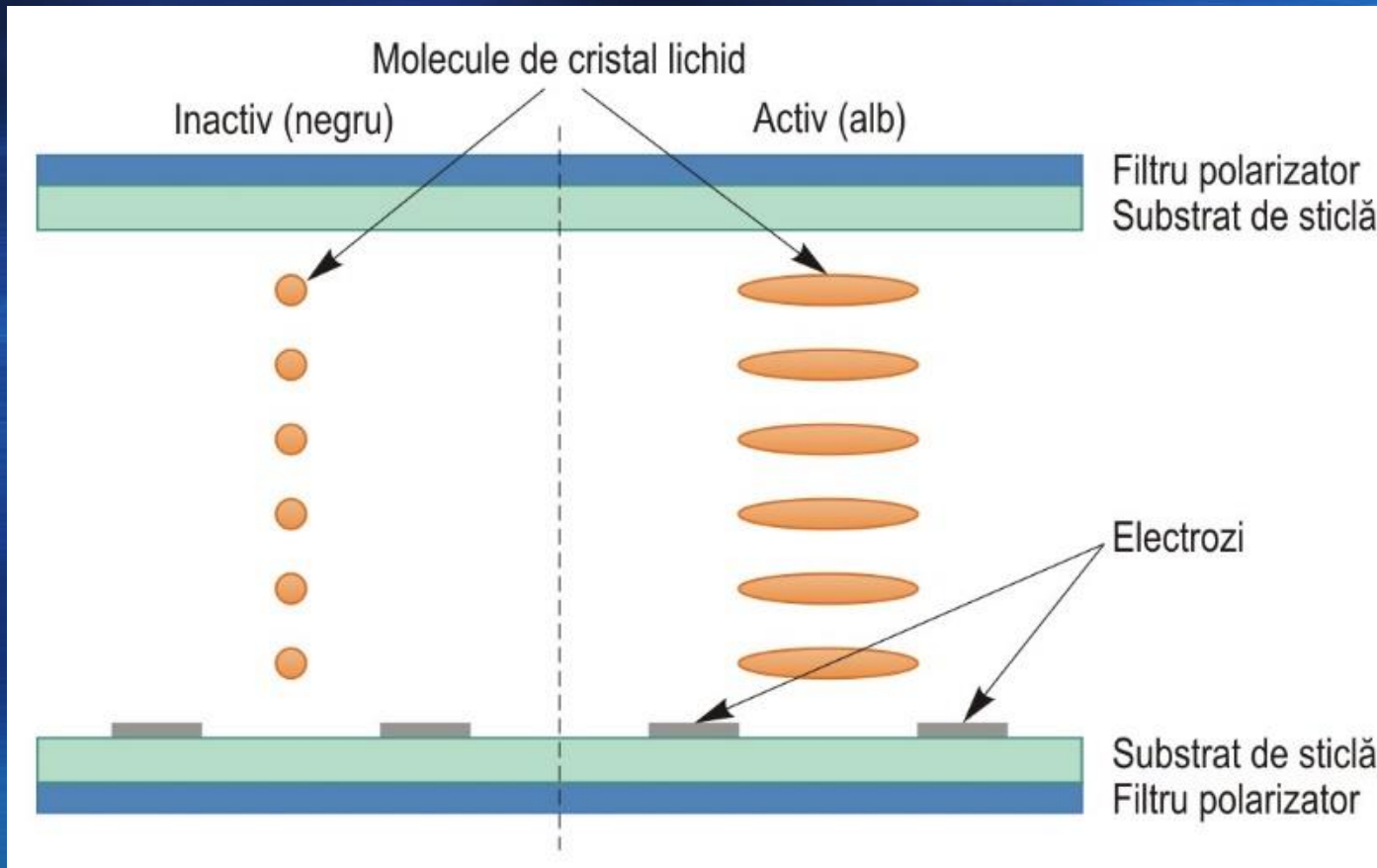
- Tehnologia *In-Plane Switching*
 - Principiul tehnologiei IPS
 - Tehnologia *Super IPS*
 - Tehnologia *Horizontal IPS*
 - Tehnologia *Advanced High-Performance IPS*

Principiul tehnologiei IPS (1)



- **IPS – *In-Plane Switching***
- Dezvoltată de firma Hitachi Ltd.
- **Afișaj TN TFT convențional**: electrozii sunt montați pe substraturi separate
 - Numai unul din electrozi este controlat de un tranzistor **TFT**
- **Afișaj IPS**: ambii electrozi sunt montați pe substratul de sticlă din spatele ecranului → se află **în același plan**

Principiul tehnologiei IPS (2)



Principiul tehnologiei IPS (3)

- **În starea inactivă:** moleculele cristalelor sunt paralele cu substraturile de sticlă
 - Sunt paralele și cu perechea de electrozi
 - Niciuna din molecule nu este ancorată în substratul de sticlă din spate
- **La aplicarea unei tensiuni:** moleculele se rotesc liber cu până la 90° pentru a se alinia cu câmpul electric
 - **Rămân paralele** cu substraturile de sticlă

Principiul tehnologiei IPS (4)

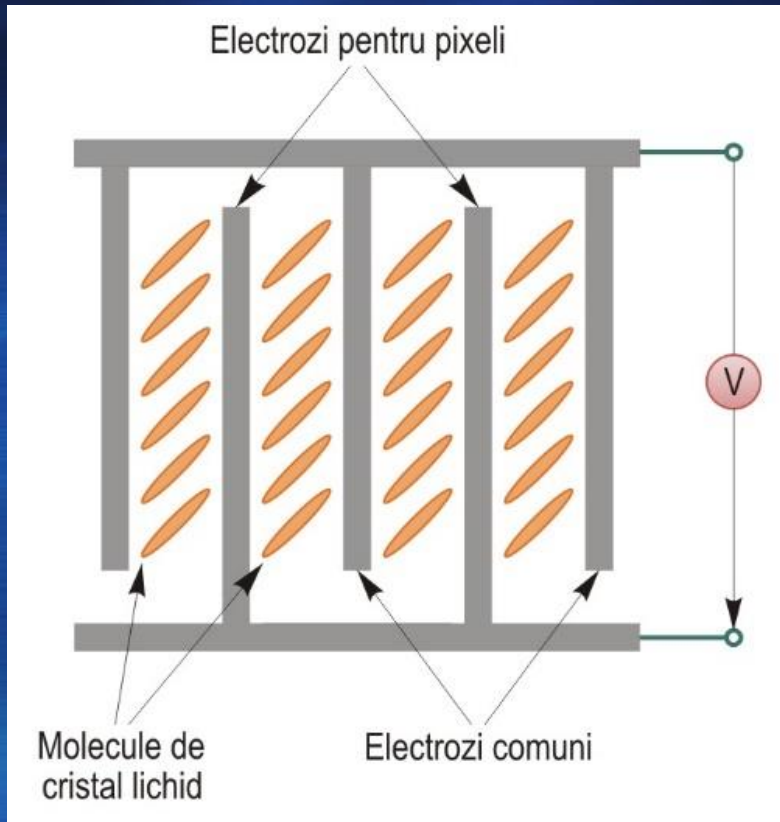
- Afișaj TN:

- O moleculă aflată mai departe de un capăt ancorat al lanțului va încerca să se alinieze mai mult cu câmpul electric
- **Variația unghiului** moleculelor la diferite adâncimi determină ca unghiul luminii care părăsește celula să fie limitat
- **Caracteristicile optice se modifică** odată cu creșterea unghiului de vizualizare

Principiul tehnologiei IPS (5)

- Afișaj IPS:
 - Nu există variația orientării moleculelor
 - Unghiurile de vizualizare sunt mai mari, de până la 170° .. 178°
 - Luminozitatea scade cu creșterea unghiului de vizualizare
 - Reproducerea culorilor rămâne consistentă
- Pentru fiecare celulă sunt necesari doi electrozi
 - Doi tranzistori pentru fiecare sub-pixel

Principiul tehnologiei IPS (6)



- Aranjament posibil al electrozilor
- Cei doi electrozi și tranzistorii reduc zona transparentă
- Este necesară o lumină de fond mai puternică

Principiul tehnologiei IPS (7)

- **Avantaje:**

- **Unghiuri de vizualizare** foarte mari, atât pe orizontală, cât și pe verticală
- Calitate ridicată pentru **reproducerea culorilor**
- Imaginea nu este afectată dacă ecranul este atins
- Dacă un tranzistor **TFT** este defect, sub-pixelul rămâne negru

Principiul tehnologiei IPS (8)

- Dezavantaje:

- Inițial, **timpul de răspuns** a fost ridicat, de ex., 60 ms → ulterior redus la ~16 ms (fără RTC)
- **Costul** primelor afișaje **IPS** era ridicat
- **Luminozitatea** este redusă → este necesară o lumină de fond mai intensă
- **Contrastul** este redus → dispersia luminii în jurul electrozilor

Tehnologia *In-Plane Switching*

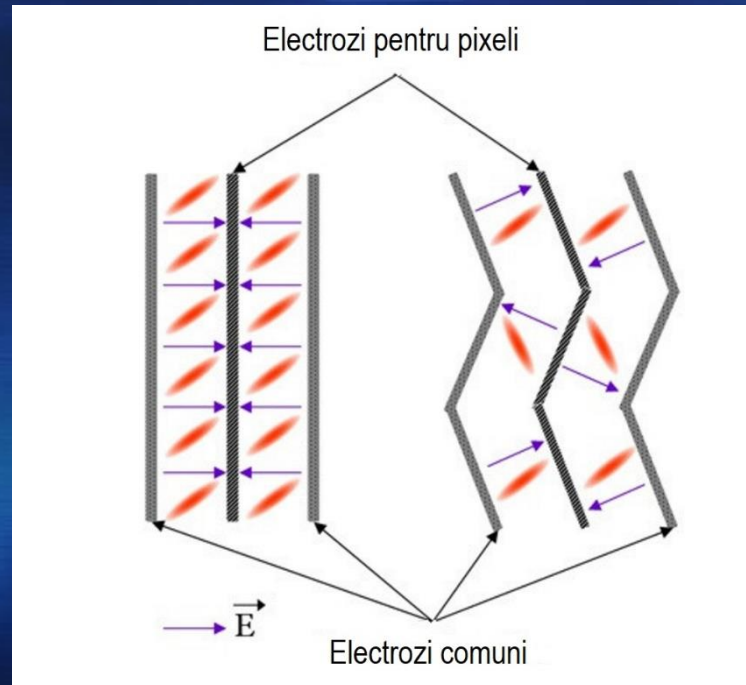
- Tehnologia *In-Plane Switching*
 - Principiul tehnologiei IPS
 - Tehnologia *Super IPS*
 - Tehnologia *Horizontal IPS*
 - Tehnologia *Advanced High-Performance IPS*

Tehnologia Super IPS (1)

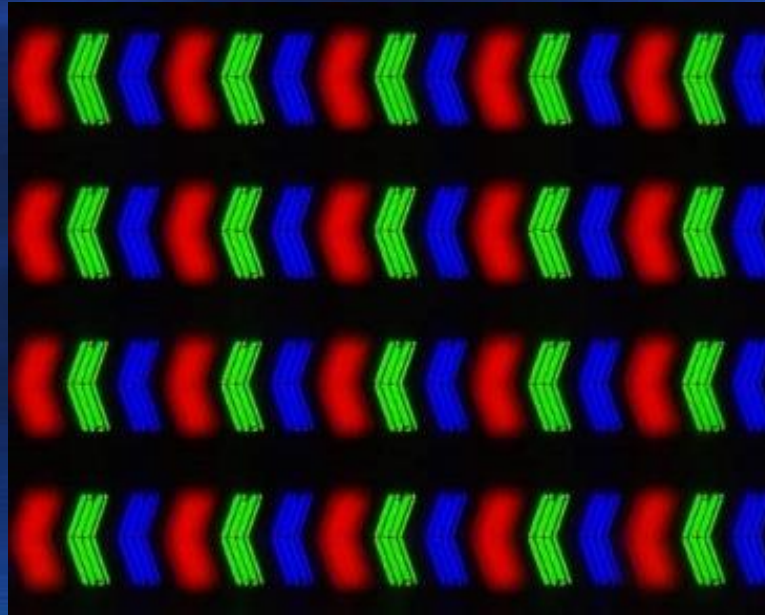
- S-IPS (*Super IPS*)
- Îmbunătățire a tehnologiei IPS
- Timpul de răspuns este redus prin utilizarea unor tehnici RTC
- Costurile de producție sunt reduse
- Sub-pixelii sunt divizați în mai multe domenii
- Contrastul este îmbunătățit
 - *Digital Fine Contrast*: metodă complexă pentru creșterea contrastului dinamic (LG Display)

Tehnologia Super IPS (2)

- Luminozitatea și contrastul sunt mai ridicate
 - Aranjament diferit al electrozilor



Tehnologia Super IPS (3)



Aranjamentul sub-pixelilor într-un panou S-IPS
(© AVForums.com)

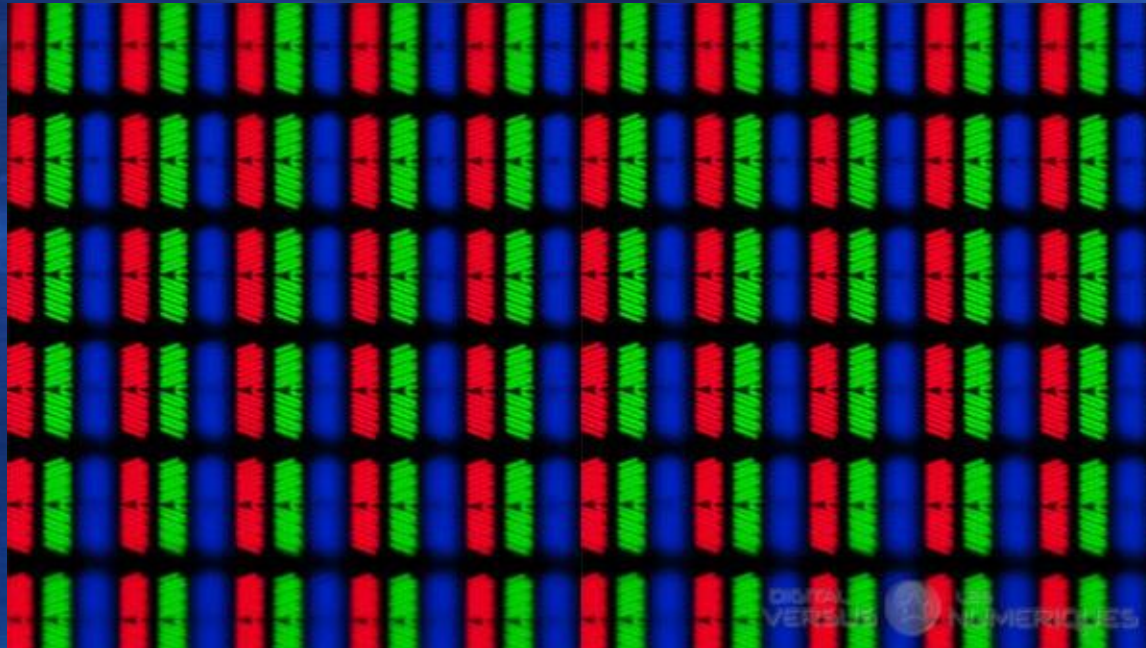
Tehnologia *In-Plane Switching*

- Tehnologia *In-Plane Switching*
 - Principiul tehnologiei IPS
 - Tehnologia *Super IPS*
 - Tehnologia *Horizontal IPS*
 - Tehnologia *Advanced High-Performance IPS*

Tehnologia *Horizontal IPS* (1)

- **H-IPS** (*Horizontal IPS*)
- Dezvoltată de LG Display
- O nouă **amplasare a electrozilor**
 - Lățimea **electrozilor comuni** este redusă
 - **Electrozii pixelilor** sunt amplasați pe orizontală
- Sub-pixelii sunt orientați pe linii verticale
- **Luminozitatea și contrastul** sunt mai mari
- Alte variante: **UH-IPS, S-IPS II**

Tehnologia *Horizontal IPS* (2)



Aranjamentul sub-pixelilor într-un panou H-IPS
(© DigitalVersus)

Tehnologia *In-Plane Switching*

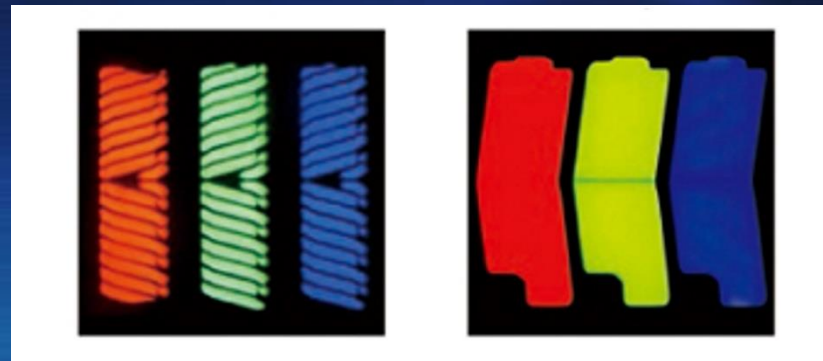
- Tehnologia *In-Plane Switching*
 - Principiul tehnologiei IPS
 - Tehnologia *Super IPS*
 - Tehnologia *Horizontal IPS*
 - Tehnologia *Advanced High-Performance IPS*

Tehnologia *Advanced High-Performance IPS* (1)

- **AH-IPS** (*Advanced High-Performance IPS*)
- Dezvoltată de LG Display
- Afișajele **AH-IPS** oferă rezoluții înalte și densitate crescută a pixelilor
 - Exemplu: *Retina Display* (Apple)
- **Timp de răspuns**: ~5 ms
 - Mai mare decât al afișajelor **TN**
- **Contrast static**: până la 1100:1
 - Mai redus decât al afișajelor **MVA** avansate

Tehnologia *Advanced High-Performance IPS* (2)

- Unghi de vizualizare: mai mare decât al afișajelor TN și VA/MVA
- Calitatea culorilor este îmbunătățită
- Afișaje **AH-IPS** cu rezoluții **Ultra HD** (3840 x 2160), **4K** (4096 x 2160), **5K** (5120 x 2880)



Sub-pixeli într-un panou **IPS** (stânga) și **AH-IPS** (dreapta)
(© TFT Central)

Rezumat (1)

- Afișajele cu cristale lichide necesită tehnici speciale pentru îmbunătățirea unor caracteristici
- **Timpul de răspuns** este important 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

Rezumat (2)

- Numărul de culori este problematic la tehnologia TN
 - Pentru creșterea numărului de culori se poate utiliza intercalarea spațială a culorilor și controlul ratei cadrelor
- Gama de culori este cea mai largă dacă se utilizează diode LED RGB pentru lumina de fond
 - Gama de culori poate fi reprezentată prin diagrama de cromaticitate CIE
- Unghiul de vizualizare este cel mai redus în cazul tehnologiei TN

Rezumat (3)

- **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
- **Tehnologia IPS** permite creșterea semnificativă a unghiului de vizualizare
 - **Tehnologiile S-IPS și H-IPS** îmbunătățesc luminozitatea și contrastul

Noțiuni, cunoștințe (1)

- Caracteristici ale afișajelor cu cristale lichide
- Timpul de răspuns
- Compensarea timpului de răspuns
- Contrastul static
- Contrastul dinamic
- Controlul ratei cadrelor
- Principiul tehnologiei VA
- Tehnologia MVA
- Tehnologia MVA îmbunătățită

Noțiuni, cunoștințe (2)

- Caracteristici ale tehnologiei MVA
- Tehnologia PVA
- Tehnologia PVA îmbunătățită (S-PVA)
- Principiul tehnologiei IPS
- Avantaje ale tehnologiei IPS
- Dezavantaje ale tehnologiei IPS
- Tehnologia S-IPS
- Tehnologia H-IPS