

Cuprinsul cursului

- 1. Introducere
- 2. Metode pentru operații de I/E
- 3. Magistrale
- 4. Module de extensie pentru sisteme înglobate
- 5. Afișaje ale calculatoarelor
- 6. Adaptoare grafice
- 7. Discuri optice

5. Afișaje ale calculatoarelor

- Afișaje cu cristale lichide
- Afișaje cu diode organice
- Afișaje cu hârtie electronică
- Afișaje cu puncte cuantice

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*

Cristale lichide (1)

- **Cristale lichide**: descoperite în 1888
 - Schimbarea stării substanței numită **benzoat de colesteril** din starea solidă în cea lichidă
- Substanțe care prezintă o **anizotropie** a proprietăților → variabile în funcție de direcția de măsurare
- Starea de echilibru – **mezomorfă**
 - Stare între cea solidă cristalină și lichidă

Cristale lichide (2)

- Lumina care trece prin cristalele lichide urmează alinierea moleculelor
- Aplicarea unui câmp electric sau magnetic modifică alinierea moleculelor cristalelor lichide
- Trei tipuri de cristale lichide:
 - Termotropice
 - Liotropice
 - Metalotropice

Cristale lichide (3)

- Cristale lichide **termotropice**
 - Tranzitează în diferite faze odată cu schimbarea temperaturii
- Cristale lichide **liotropice**
 - Prezintă tranziții de fază determinate de concentrația moleculelor într-un solvent
- Cristale lichide **metalotropice**
 - Compuse din molecule organice și anorganice
 - Tranzițiile de fază depind și de raportul de compoziție organic / anorganic

Cristale lichide (4)

- **Fazele** cristalelor lichide termotropice
 - Temperatură înaltă: faza lichidă (izotropă)
 - Temperatură scăzută: faza solidă (cristalină)
 - Faza **nematică**
 - Faza **smectică**
 - Faza **colesterică**
- Tipuri de ordonare pentru faze:
 - Ordine pozițională a moleculelor
 - Ordine de orientare a moleculelor

Cristale lichide (5)

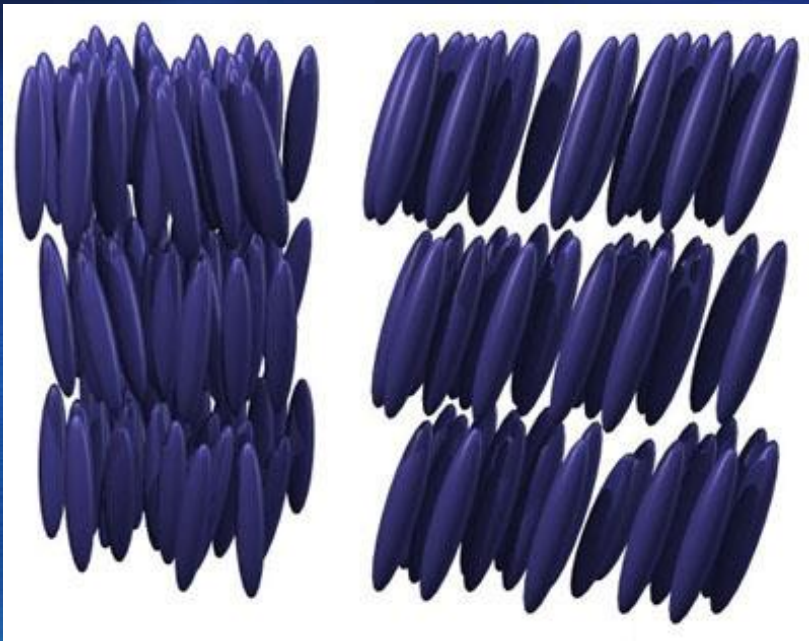


- Faza nematică (N)
 - *Nema* – fir; *nemato* – filiform (lb. greacă)
 - Molecule filiforme
 - Fără ordine pozițională
 - **Ordine de orientare** aprox. paralelă → director
 - Pot fi aliniat ușor cu un câmp electric

Cristale lichide (6)

- Faza smectică (Sm)

- Moleculele păstrează ordinea de orientare
- Se aliniază în straturi
- Ordine pozițională după o direcție
- SmA (stânga)
- SmC (dreapta)
- Există și alte faze Sm



Cristale lichide (7)

- Faza colesterică



- Tipică pentru esteri ai colesterolului → colesteric
- Molecule **chirale**: fără plan intern de simetrie
 - **Nematice chirale** (N^*)
- Structură similară cu o stivă de straturi nematice 2D
 - Directorul din fiecare strat este răsucit
- **Twisted nematic** (TN)

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*

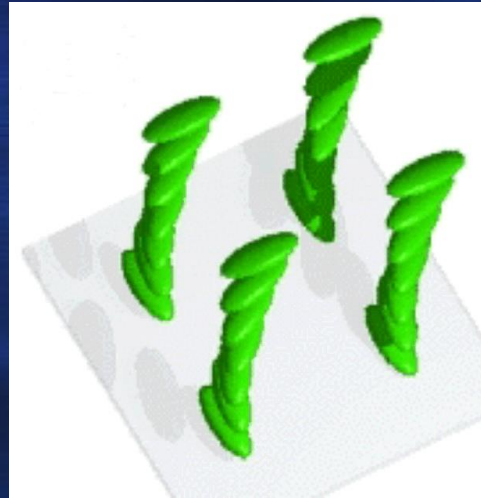
Tehnologia *Twisted Nematic*

- Tehnologia *Twisted Nematic*
 - Principiul de funcționare
 - Structura afișajului
 - Tehnologia *Super-Twisted Nematic*
 - Tehnologia *Double Super-Twisted Nematic*
 - Tehnologia *Film Super-Twisted Nematic*

Principiul de funcționare (1)

- Afișajele cu cristale lichide sunt **pasive**
- Utilizează o sursă de lumină (de fond) sau o oglindă (reflectă lumina ambientală)
- Funcționarea se bazează pe proprietățile **luminii polarizate**
 - Undele de lumină sunt orientate în paralel cu o anumită direcție specifică
 - Se poate obține cu un **polarizator**

Principiul de funcționare (2)

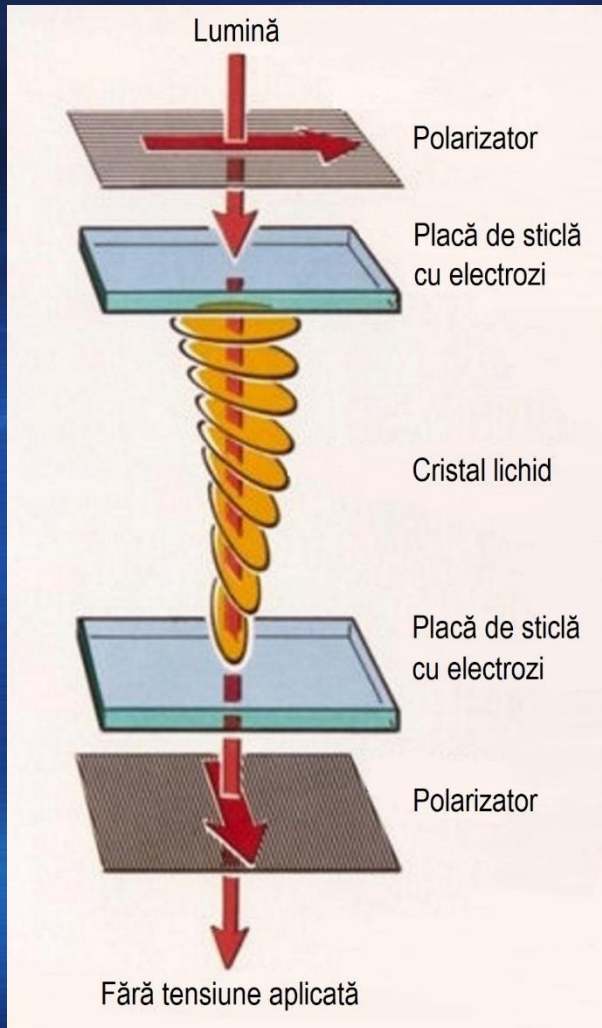


- Lumina polarizată trece printr-un strat de cristale lichide *Twisted Nematic* (TN)
 - Lumina urmează alinierea moleculelor
 - Direcția de polarizare se modifică în funcție de rotirea moleculelor

Principiul de funcționare (3)

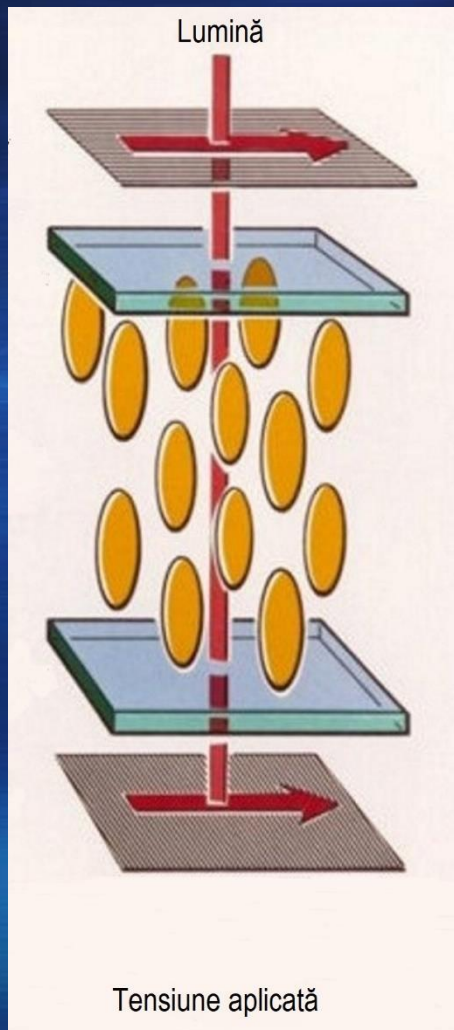
- Un pixel: cristale lichide TN introduse între doi electrozi transparentți
 - Electrozii sunt prevăzuți cu **straturi de aliniere** pentru a controla alinierea moleculelor → **caneluri**
 - Canelurile de pe cei doi electrozi sunt perpendiculare între ele
 - Rezultă o **răsucire cu 90°** a axelor **longitudinale ale moleculelor** de pe cei doi electrozi

Principiul de funcționare (4)



- Două polarizatoare
- Două plăci de sticlă
- Doi electrozi transparenti
- Strat de cristale lichide TN
- Fără tensiune aplicată:
 - Lumina este polarizată de primul filtru
 - Direcția de polarizare este rotită cu 90°
 - Lumina va trece și prin al doilea filtru

Principiul de funcționare (5)

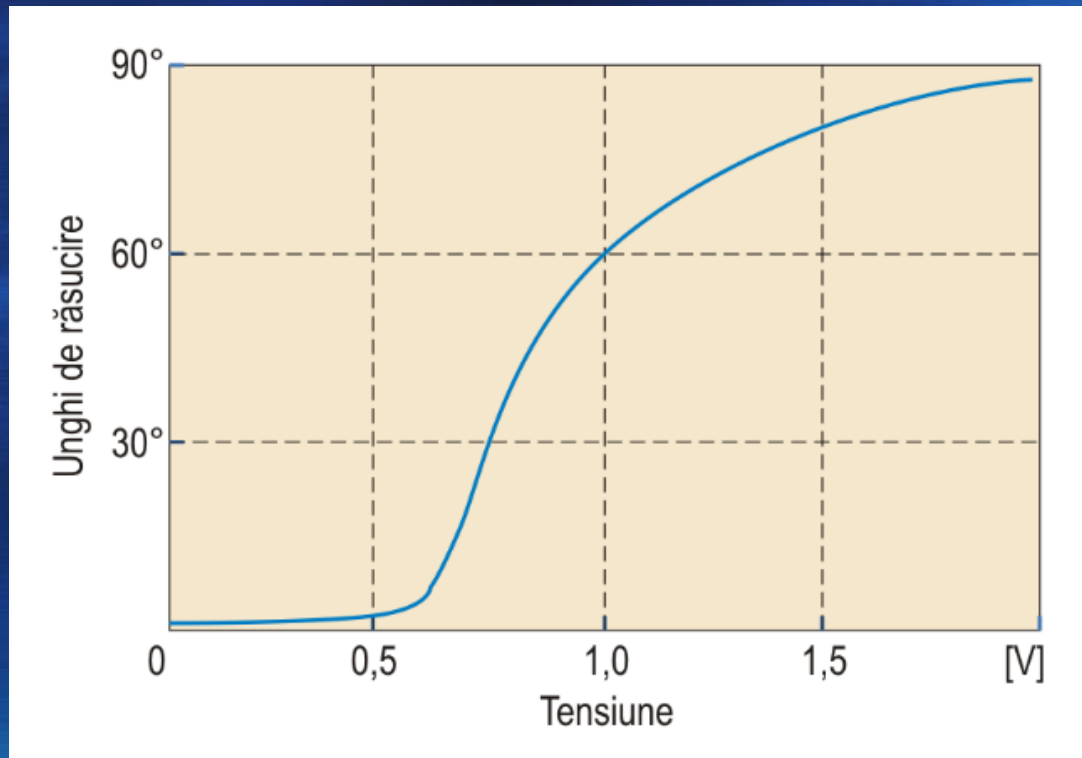


- **Cu tensiune aplicată:**
 - Moleculele se realiniază
 - Direcția axelor longitudinale tinde să se alinieze în paralel cu direcția câmpului
 - Undele de lumină nu sunt rotite → sunt blocate de al doilea polarizator
 - Prin controlul tensiunii, se pot obține diferite nivele de gri

Principiul de funcționare (6)

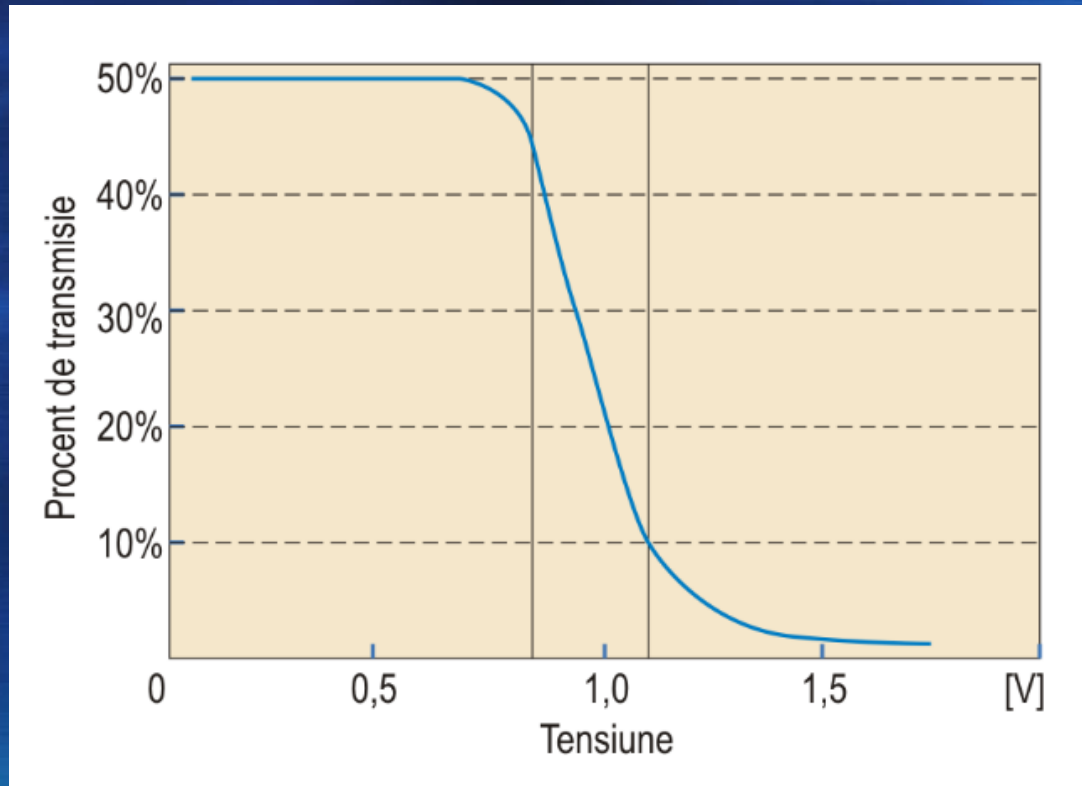
- Afișaje la care lumina este blocată în zonele asupra cărora nu se aplică o tensiune
 - Direcțiile de polarizare sunt paralele
 - Efectul optic este mai dependent de grosimea afișajului atunci când nu se aplică o tensiune
 - Ochiul este mai sensibil la variații ale luminozității în starea întunecată → imagine pătată
 - Această variantă poate crește și energia consumată

Principiul de funcționare (7)



Răspunsul unei celule **TN** la o tensiune aplicată

Principiul de funcționare (8)



Procentul de transmisie a luminii la o celulă **TN**

Principiul de funcționare (9)

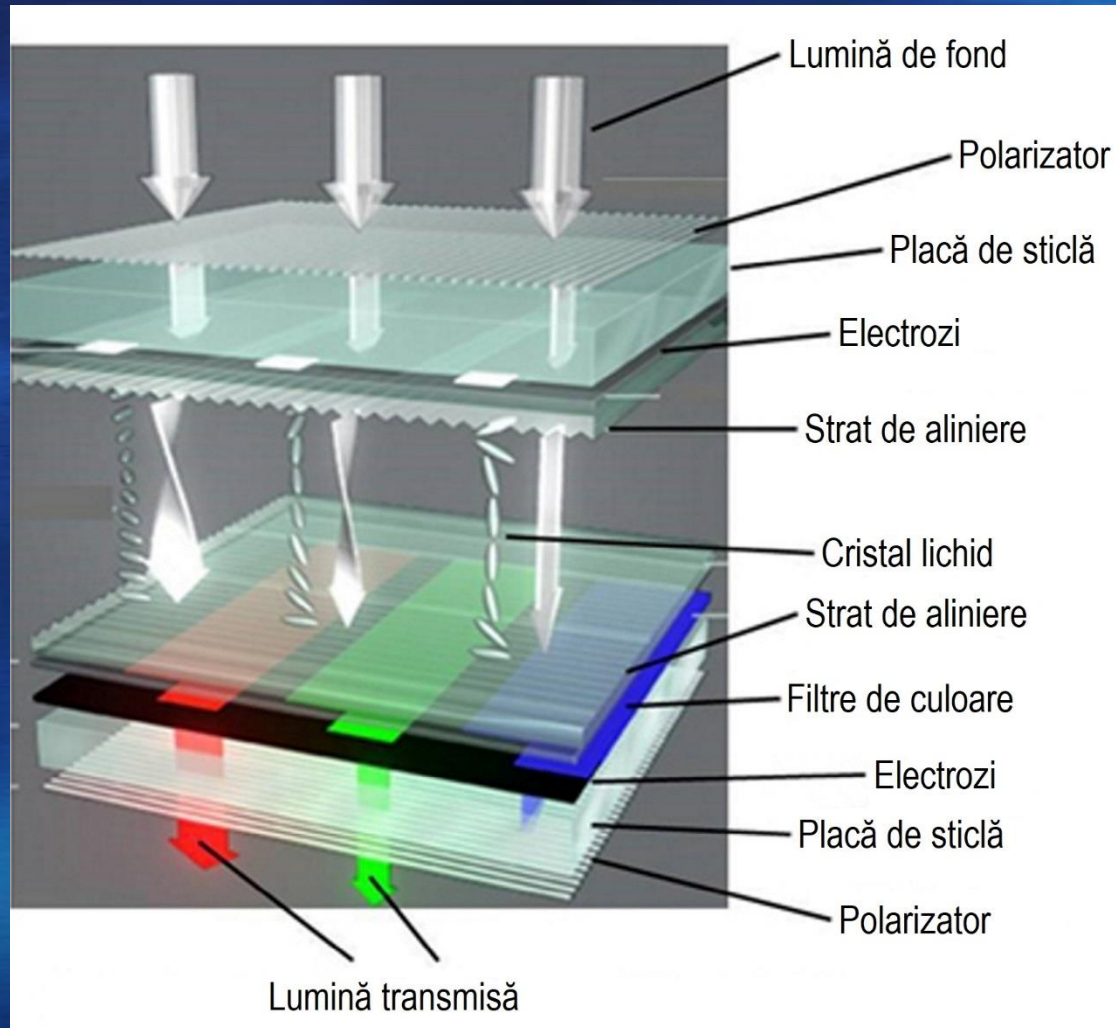
● Afișaje color

- Sunt necesare nivele intermediare de luminozitate
- Modificarea tensiunii aplicate celulelor
- Lumina de fond de culoare albă conține toate lungimile de undă
- Componentele de culoare se obțin prin filtrarea culorii albe
- Fiecare pixel este compus din trei sub-pixeli pentru culorile primare R, G și B → sinteză aditivă

Tehnologia *Twisted Nematic*

- Tehnologia *Twisted Nematic*
 - Principiul de funcționare
 - Structura afișajului
 - Tehnologia *Super Twisted-Nematic*
 - Tehnologia *Double Super-Twisted Nematic*
 - Tehnologia *Film Super-Twisted Nematic*

Structura afișajului



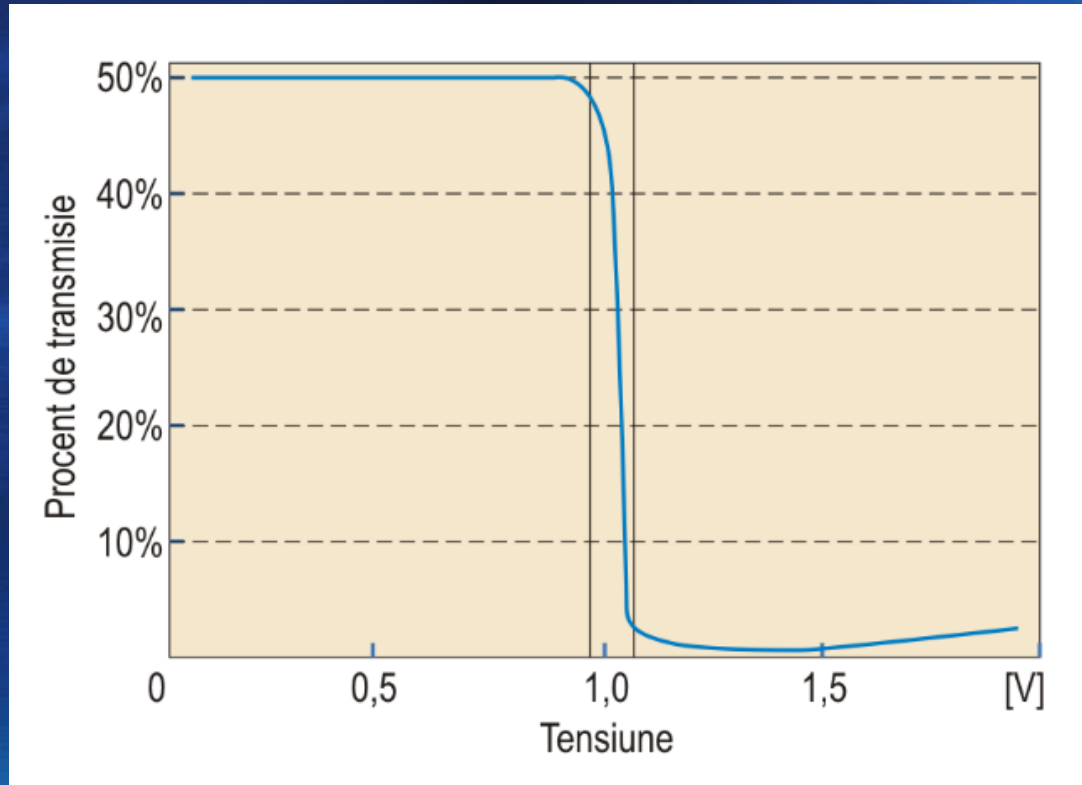
Tehnologia *Twisted Nematic*

- Tehnologia *Twisted Nematic*
 - Principiul de funcționare
 - Structura afișajului
 - Tehnologia *Super-Twisted Nematic*
 - Tehnologia *Double Super-Twisted Nematic*
 - Tehnologia *Film Super-Twisted Nematic*

Tehnologia *Super-Twisted Nematic* (1)

- **STN** – *Super-Twisted Nematic*
- Diferența dintre tensiunile pentru care o celulă este activă/inactivă trebuie să fie foarte redusă
- Tehnologia **TN** nu este practică pentru dimensiuni mari cu adresarea convențională
- Tehnologia **STN**: direcția luminii polarizate este rotită cu un unghi de 180° .. 270°
- Diagrama indicând transmisia luminii devine mai abruptă

Tehnologia *Super-Twisted Nematic* (2)



Procentul de transmisie a luminii pentru o celulă **STN** cu un unghi de rotire de 270°

Tehnologia *Super-Twisted Nematic* (3)

- **Avantaje** ale tehnologiei **STN** comparativ cu tehnologia **TN**:
 - Contrast mai ridicat
 - Unghi de vizualizare mai mare
 - Control mai simplu al procentului de transmisie a luminii prin celulele de cristale lichide
 - Permite creșterea numărului de linii care pot fi afișate simultan

Tehnologia *Super-Twisted Nematic* (4)

- Dezavantaje ale tehnologiei STN:
 - Timp de răspuns mai mare comparativ cu tehnologia TN
 - Nivel de strălucire mai redus
 - Costuri de producție mai ridicate
 - Primele afișaje STN prezentau o colorare nedorită → spectru de transmisie deplasat
 - În starea activă: culoare galbenă
 - În starea inactivă: culoare albastruie

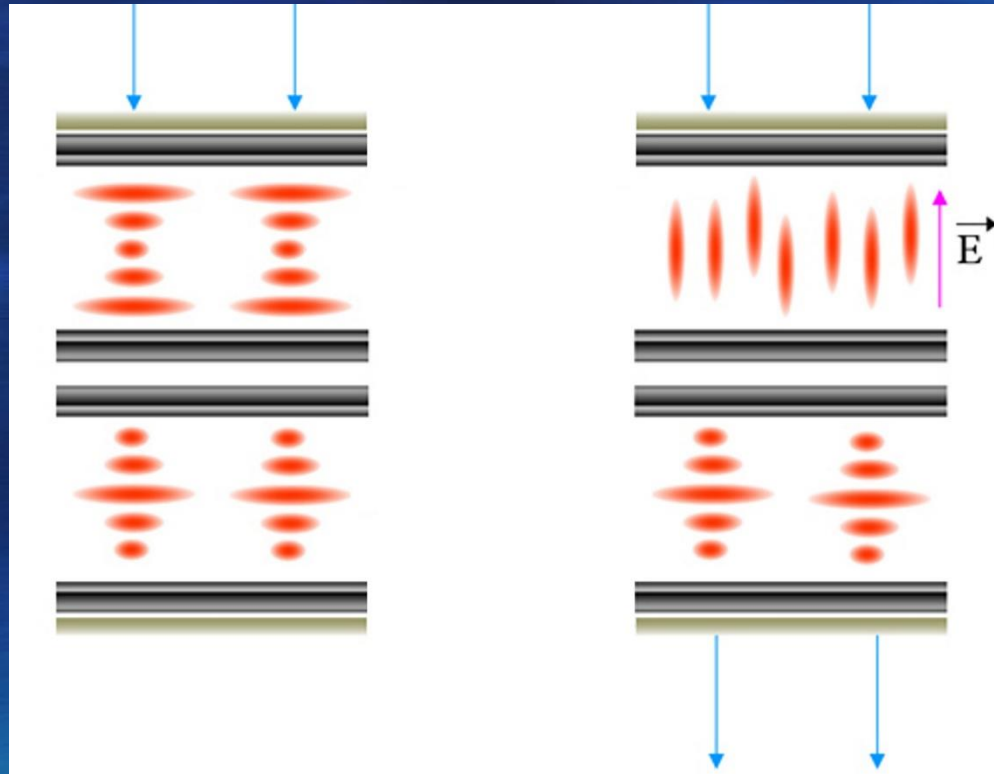
Tehnologia *Twisted Nematic*

- Tehnologia *Twisted Nematic*
 - Principiul de funcționare
 - Structura afișajului
 - Tehnologia *Super-Twisted Nematic*
 - Tehnologia *Double Super-Twisted Nematic*
 - Tehnologia *Film Super-Twisted Nematic*

Tehnologia *Double Super-Twisted Nematic* (1)

- DSTN – *Double Super-Twisted Nematic*
- A rezolvat problema de colorare a tehnologiei STN prin adăugarea unui al doilea strat STN
 - Fără electrozi și polarizatoare
 - Sensul de rotire a luminii polarizate este opus față de cel al primului strat
- În starea inactivă, deplasarea fazei datorată primului strat este compensată de stratul al doilea → pixel negru

Tehnologia *Double Super-Twisted Nematic* (2)



Celulă **DSTN** în starea inactivă (stânga) și starea activă (dreapta)

Tehnologia *Double Super-Twisted Nematic* (3)

- Starea activă a pixelului nu este afectată de al doilea strat **STN** → pixel alb
- Ambele straturi constau din același tip de cristal lichid → caracteristicile sunt constante
- **Dezavantaje:**
 - Este necesară o lumină de fond mai puternică
 - Costul mai ridicat
 - Grosimea și greutatea mai mare

Tehnologia *Twisted Nematic*

- Tehnologia *Twisted Nematic*
 - Principiul de funcționare
 - Structura afișajului
 - Tehnologia *Super-Twisted Nematic*
 - Tehnologia *Double Super-Twisted Nematic*
 - Tehnologia *Film Super-Twisted Nematic*

Tehnologia *Film Super-Twisted Nematic*

- **FSTN** – *Film Super-Twisted Nematic*
- Compensarea culorilor se obține cu un **film subțire de polimer** în locul stratului de sticlă
- **Avantaje** comparativ cu tehnologia **DSTN**:
 - Costul mai redus
 - Grosimea și greutatea mai mică
 - Sursă de lumină cu o putere mai redusă
- **Dezavantaj**:
 - Contrast mai redus

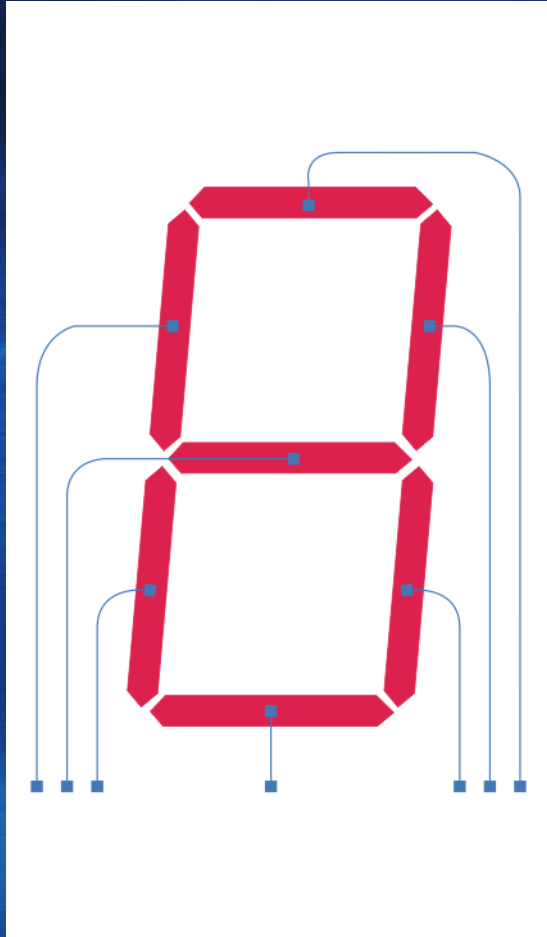
Afișaje cu cristale lichide

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

Tehnici de adresare

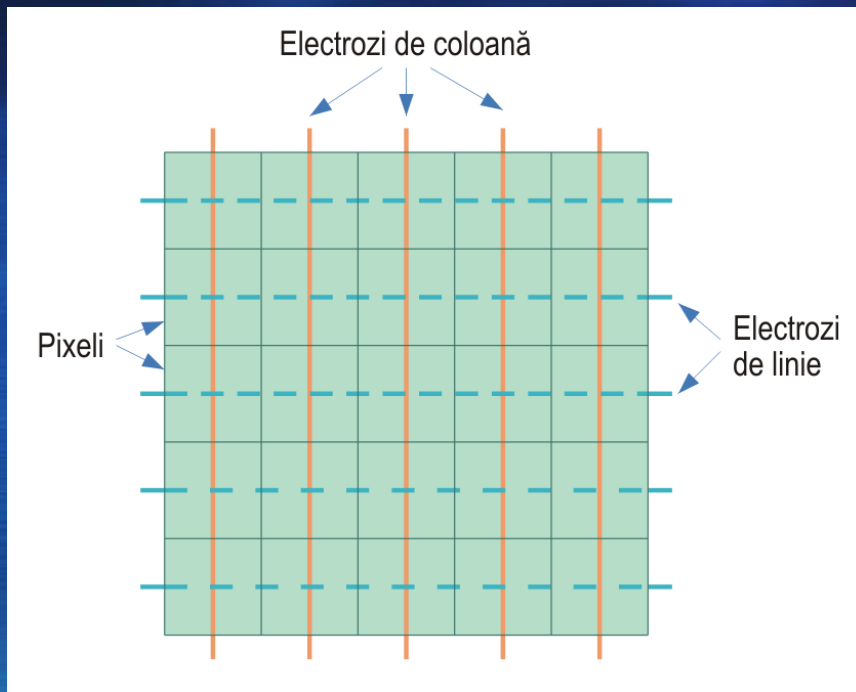
- Tehnici de adresare
 - Adresare directă și multiplexată
 - Afișaje cu matrice pasivă
 - Afișaje cu matrice activă
 - Pixeli defecti

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**

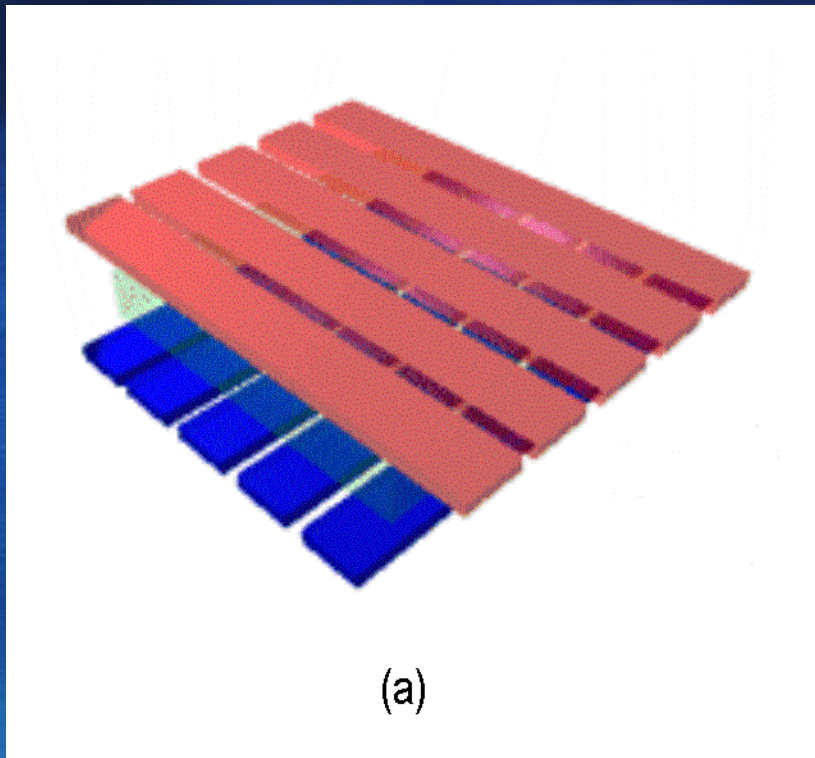
Adresare directă și multiplexată (3)

- **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

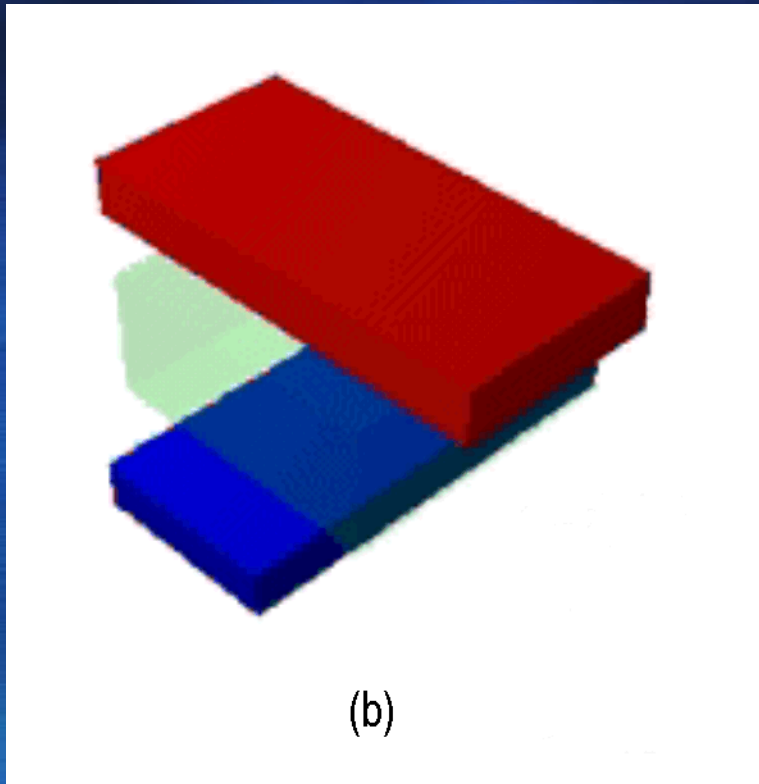
- Tehnici de adresare
 - Adresare directă și multiplexată
 - Afișaje cu matrice pasivă
 - Afișaje cu matrice activă
 - Pixeli defecti

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** – 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

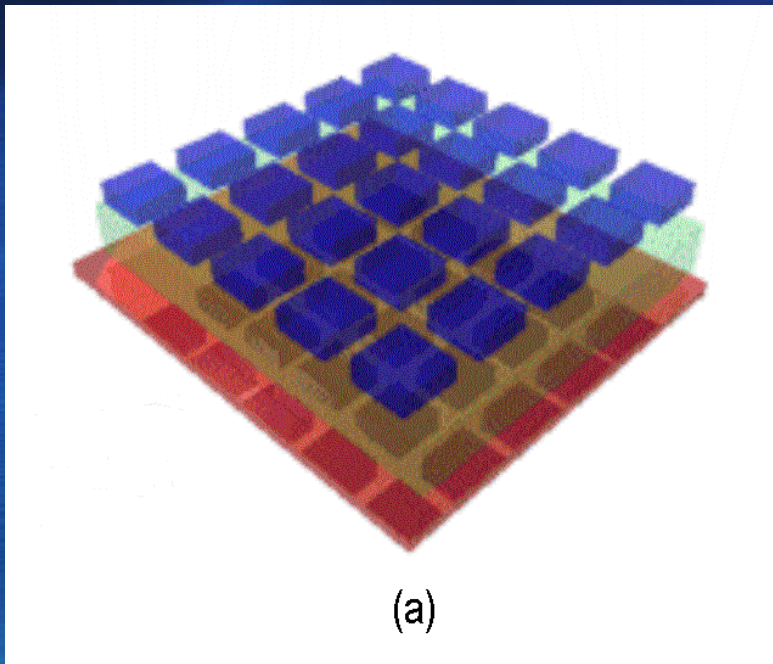
Afișaje cu matrice pasivă (4)

- 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

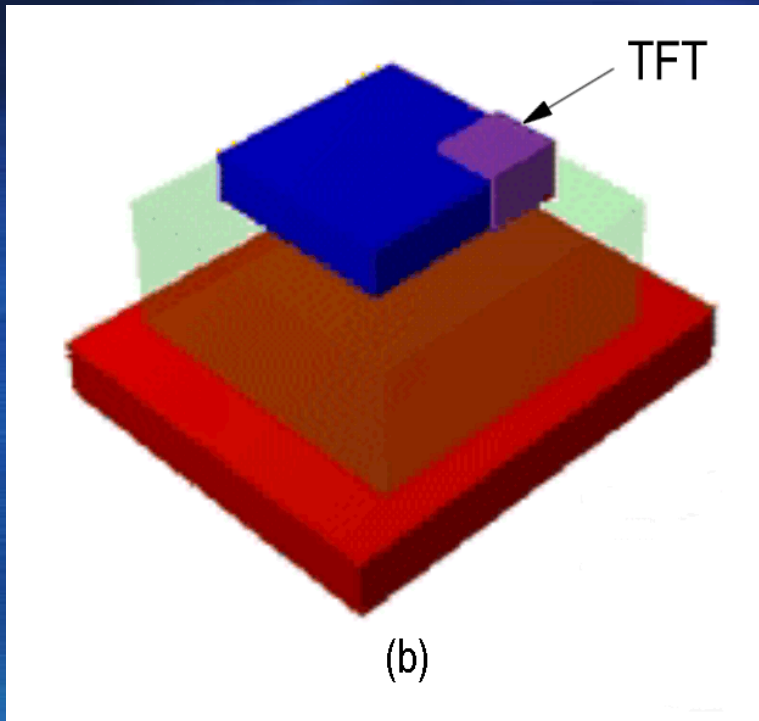
- Tehnici de adresare
 - Adresare directă și multiplexată
 - Afișaje cu matrice pasivă
 - Afișaje cu matrice activă
 - Pixeli defecti

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)

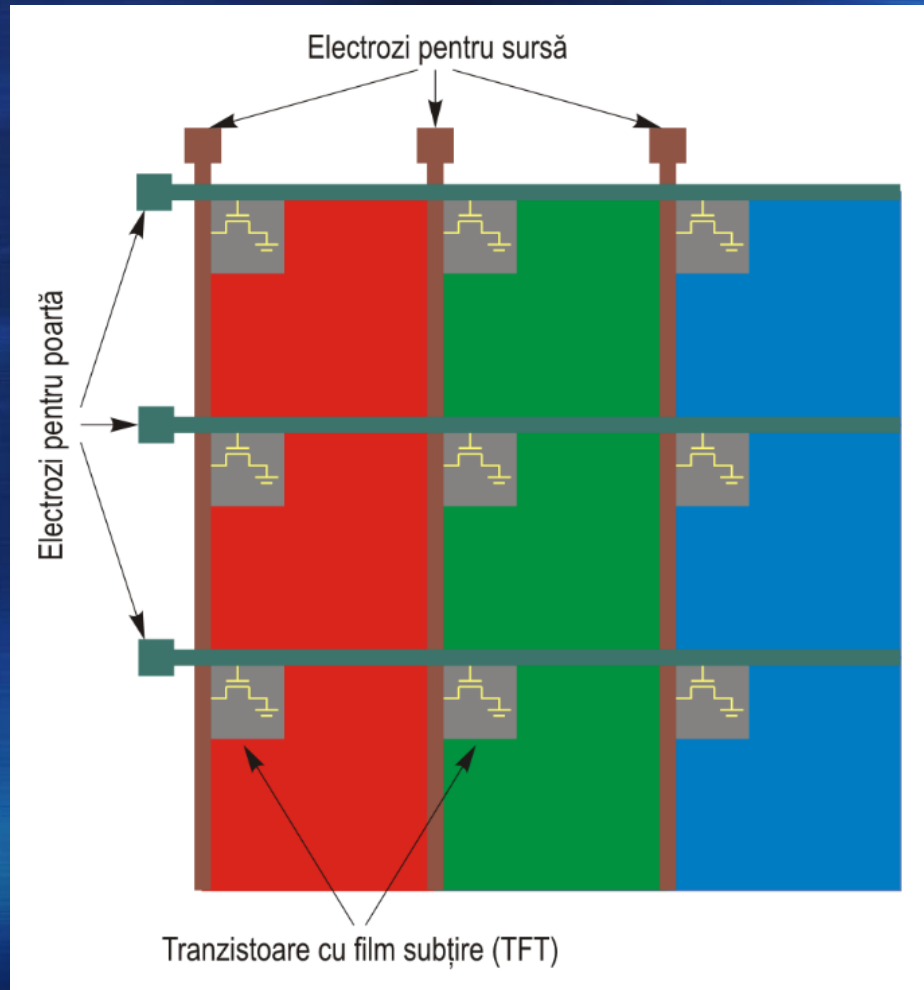


- Un pixel al afișajului cu matrice activă
- Element activ: tranzistor cu efect de câmp (FET – *Field Effect Transistor*)
- Material semiconductor: siliciu
- Siliciu cristalin (c-Si)
 - Costisitor
 - Mobilitate ridicată a purtătorilor de sarcină → permite integrarea driverelor

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*
- Metode de adresare
- Tipuri ale luminii de fond
- Parametrii afișajelor
- Tehnologia *Vertical Alignment*
- Tehnologia *In-Plane Switching*

Tipuri ale luminii de fond (1)

- Cu lămpi fluorescente
 - CCFL – *Cold Cathode Fluorescent Lamp*
 - Amplasate la marginile afișajului
 - Pentru distribuția uniformă a luminii: ghid de lumină și panou difuzor
 - Dezavantaj: eficiență energetică redusă
 - Pentru echipamente portabile, este necesară conversia tensiunii la o valoare ridicată
 - Nu se pot realiza afișaje cu grosimi reduse

Tipuri ale luminii de fond (2)

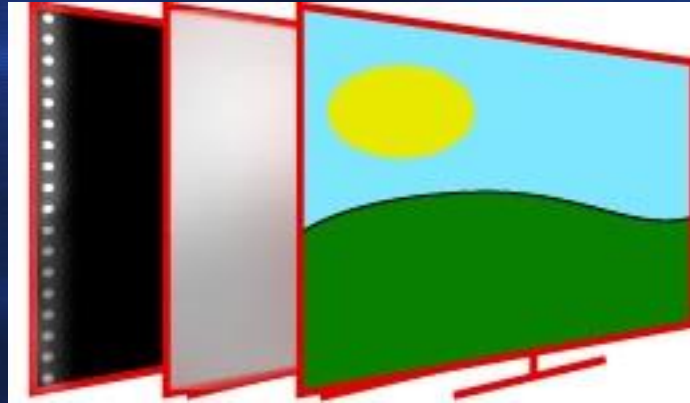


- **Cu diode electroluminiscente (LED)**
 - Cel mai utilizat tip de lumină de fond
 - Afișajele și aparatele TV cu acest tip de lumină (**LED TV**) utilizează o tehnologie LCD cu matrice activă → denumire improprie
 - **Avantaje** comparativ cu lămpi fluorescente:
 - **Consum de energie** redus (35..40 %)
 - Durata de viață mai lungă a diodelor
 - Se pot realiza afișaje cu **grosime redusă** (< 1 cm)
 - **Contrast și luminozitate** mai ridicate

Tipuri ale luminii de fond (3)

- Dezavantaje:
 - Este mai dificil să se mențină **uniformitatea luminozității** pe termen lung → zone mai luminoase sau mai întunecate
 - **Gama de culori** este puțin mai redusă față de cea a afișajelor iluminate cu lămpi fluorescente
- **Cu șiruri de diode LED albe**
 - **EL-WLED** (*Edge-Lit White LED*)
 - Șiruri de diode **LED** albe amplasate la margini
 - Variante cu diodele amplasate pe patru margini, două margini, sau o margine

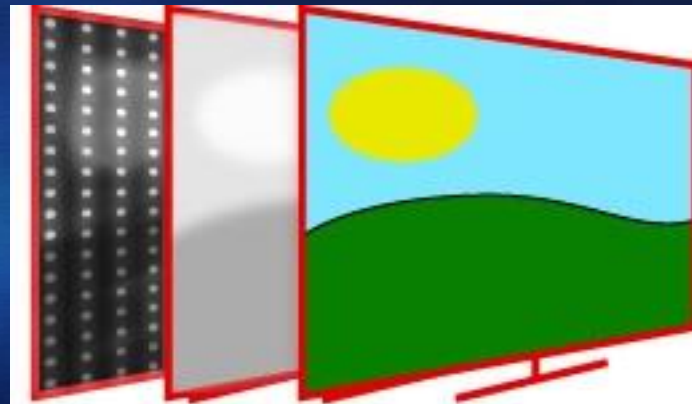
Tipuri ale luminii de fond (4)



- Modificarea intensității luminoase în mod diferit în diferite zone (“*Local Dimming*”)
- Divizarea șirurilor de diode în zone și controlul intensității în mod independent
- Se îmbunătățește contrastul aparent

Tipuri ale luminii de fond (5)

- Cu matrice de diode LED albe
 - Matrice de diode LED albe distribuite în mod uniform în spatele panoului de afișare
 - Setarea intensității luminoase în mod diferit în diferite zone de pe ecran (*“Full-Array Local Dimming” – FALD*)



Tipuri ale luminii de fond (6)

- Tehnica **FALD** permite un control mai eficient al intensității decât tehnica “*local dimming*”
 - Se poate obține un **contrast dinamic** mai ridicat
 - Utilizată mai ales la aparatele TV
 - Puține monitoare cu tehnica **FALD**: 384 zone (27 inch), 512 zone (35 inch)
- **Cu mini-diode LED**
 - Dimensiunea unei mini-diode LED: 100..200 μm
 - Permite creșterea numărului de zone utilizate de tehnica **FALD**

Tipuri ale luminii de fond (7)

- Primele monitoare cu mini-diode LED: ASUS ProArt PA32UCX (32 inch, >1000 zone), ASUS ProArt PA27UCX (27 inch, 576 zone)



Monitor **ASUS ProArt PA32UCX** (© ASUSTeK Computer Inc.)

Tipuri ale luminii de fond (8)

- Cu matrice de diode LED RGB
 - Similar cu o matrice de diode LED albe, dar utilizează triade de diode LED RGB
 - Se poate obține o gamă extinsă de culori
 - Culori pure și saturate
 - Se utilizează la monitoarele profesionale pentru editare grafică, fotografie, post-producție video/film, efecte vizuale, animație
 - Cost ridicat

Tipuri ale luminii de fond (9)

- Exemplu de monitor profesional: **HP DreamColor Z31x Studio Display**
- Colorimetru integrat: execută în mod automat procesul de calibrare a culorii



© HP Development Company, L.P.

Rezumat (1)

- **Cristalele lichide** au proprietăți ale materiei lichide și ale materiei solide cristaline
- Tipuri de cristale lichide: **termotropice**, **liotropice**, **metalotropice**
- Cristalele lichide termotropice prezintă mai multe **faze** în funcție de temperatură
- ***Twisted Nematic* (TN)** a fost prima tehnologie utilizată pentru afișajele cu cristale lichide
 - Se bazează pe proprietățile luminii polarizate, care urmează alinierea moleculelor

Rezumat (2)

- Îmbunătățiri ale tehnologiei TN: Super TN (STN), Double STN (DSTN), Film STN (FSTN)
- Există două metode de adresare a elementelor de afișare: adresare directă și 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
- Generarea luminii de fond cu o matrice de diode LED RGB este cea mai avantajoasă

Noțiuni, cunoștințe (1)

- Tipuri de cristale lichide
- Fazele cristalelor lichide termotropice
- Faza nematică
- Faza smectică
- Faza colesterică
- Principiul de funcționare al afișajelor cu cristale lichide *Twisted Nematic* (TN)
- Tehnologia *Super TN* (STN)
- Tehnologia *Double STN* (DSTN)

Noțiuni, cunoștințe (2)

- Tehnologia *Film STN* (FSTN)
- Adresarea multiplexată
- Principiul afișajelor cu matrice pasivă
- Principiul afișajelor cu matrice activă
- Lumina de fond cu lămpi fluorescente
- Avantaje/dezavantaje ale luminii de fond cu diode LED
- Lumina de fond cu șiruri de diode LED albe
- Lumina de fond cu matrice de diode LED albe
- Lumina de fond cu matrice de diode LED RGB