

CIRCUITE DE AFISARE

1. CIRCUITE DE AFISARE CU DIODE ELECTROLUMINISCENTE (LED)

1.1 Introducere

Circuitele de afisare transmit omului infomatii mai simple sau mai evolute prin emiterea de semnale luminoase cu diferite intensitati culori si forme sau prin reflectarea luminii incidente pe diferite contururi.

Diodele electroluminiscente, uzual numite LED – Light Emitting Diode – sunt unele dintre cele mai utilizate dispozitive semiconductoare. Acestea sunt adesea intalnite in echipamente in care se afiseaza ora si data, care semnalizeaza functionarea si starea echipamentelor, echipamente care formeaza imagini color pe ecrane de mari dimensiuni sau chiar reclame luminoase, etc. Practic, LED-urile au monopolizat astazi productia de semafoare rutiere.

1.2 Principiul de functionare

Lumina este o forma a energiei care poate fi eliberata, in anumite conditii, de un atom de material si are un caracter dual:

- **ondulatoriu**, lumina putand fi caracterizata ca fiind o unda electromagnetica de o anumita frecventa ce se propaga in spatiu pe o anumita directie;
- **corpuscular**, lumina putand fi caracterizata prin deplasarea cu foarte mare viteza (3×10^8 m/s) a unor particole foarte mici, fara masa, dar cu energie, numite fotoni.

In cazul LED-urilor, ne intereseaza caracterul corpuscular al luminii. Fotonii sunt eliberati de atomi ca rezultat al miscarii electronilor. In oricare atom, electronii se misca pe orbite in jurul atomului la distante proportionale cu energia electronilor (cei cu energie proprie mai mare se misca pe orbite mai indepartate de nucleu). Acesti electroni se pot deplasa de pe o orbita pe alta datorita unor influente externe. Astfel, daca electronul primeste energie (de exemplu datorita unei incalziri a materialului sau a unei ciocniri cu un alt electron), acesta se deplaseaza pe o orbita superioara. Se spune ca in acest caz electronul a consumat energie din mediul inconjurator. Daca electronul "cade" de pe o orbita superioara pe una inferioara, acesta emite energie sub forma de camp electromagnetic si cu cat distanta fizica dintre cele doua orbite este mai mare cu atat frecventa undei electromagentice emise mai mare.

Asa cum se cunoaste, orice dioda este formata prin alipirea a doua regiuni, una dopata cu impuritati donoare (electroni), numita de tip N si una dopata cu impuritati acceptoare (goluri), numita de tip P. In cazul in care diodei i se aplica o polarizare pozitiva, electronii se deplaseaza prin structura si apar noi posibilitati de recombinare a lor. La fiecare astfel de recombinare, electronul respectiv trece din banda de conductie (o orbita indepartata de atom) in banda de valenta (o orbita apropiata de atom). Altfel spus, electronul se deplaseaza in momentul recombinarii pe o orbita in jurul atomului de energie mult mai joasa, astfel ca electronul elibereaza energie sub forma de fotoni. Cu cat tensiunea aplicata diodei este mai mare cu atat curentul ce trece prin dioda este mai mare, numarul de electroni ce se deplaseaza este mai mare, posibilitatile de recombinare si numarul de fotoni emisi creste proportional. Acest lucru se intampla in orice dioda, dar radiatia emisa poate fi vazuta de ochiul uman numai daca frecventa sa corespunde spectrului luminii si numai daca poate sa treaca prin materialul diodei si sa ajunga la suprafata acesteia.

Pentru o emisie in spectrul vizibil este nevoie ca dioda sa fie formata din anumite materiale iar un exemplu des intalnit este combinatia GaAsP (Galiu-Arseniu-Fosfor). Intr-o dioda obisnuita realizata din Si (Siliciu), atomii sunt asezati intr-un mod care face ca saltul energetic al electronului sa fie de scurta distanta energetica, energia eliberata corespunzand undelor electromagnetice din domeniul infrarosu.

Desi toate diodele emit radiatie luminoasa, nu intotdeauna in spectrul vizibil, ele se diferentiaza prin eficienta cu care o emit. In diodele normale, materialul semiconductor din care sunt formate absoarbe cea mai mare parte a energiei eliberate. LED-urile sunt astfel construite incat sa elibereze in afara structurii un numar cat mai mare de fotoni. Astfel, ele sunt incasetate in carcase din plastic transparent care concentreaza lumina pe o directie particulara. Pentru cresterea eficientei emisiei luminoase, unele constructii inglobeaza si o lupa.

Astazi exista o mare diversitate de forme de LED-uri si de culori: alb, rosu, galben, verde, albastru (diferite nuante), etc. Culoarea radiatiei emise depinde de compozitia materialului semiconductor. Astfel, diferite proportii de As si P in aliajul $\text{GaAs}_{(1-x)}\text{P}_x$ (x- stabileste proportia) ofera radiatii cu frecventa crescatoare pana la cea corespunzatoare culorii verde. Apoi, aliaje cum sunt cele de tip GaN si In/Al GaN pot furniza culorile albastru si albastru-verde, pe cand aliaje precum ZnS and ZnSe pot furniza lumina alba.

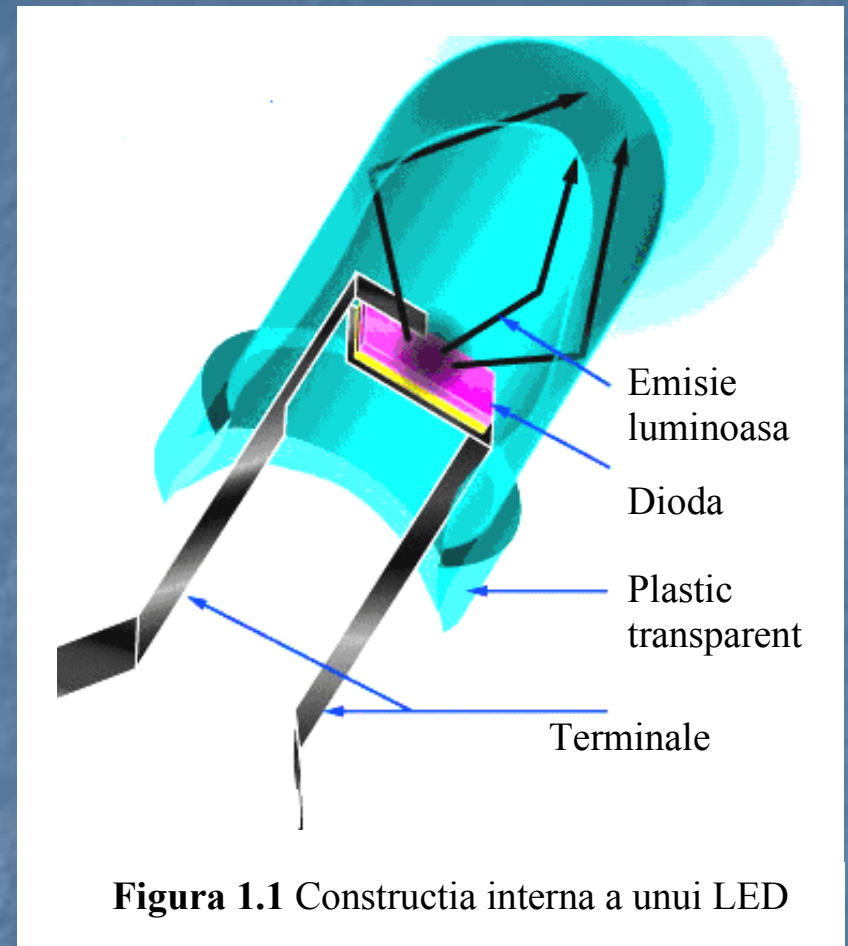


Figura 1.1 Constructia interna a unui LED

Cele mai importante caracteristici ale LED – urilor sunt:

- caracteristica intensitate luminoasa functie de curentul direct prin LED;
- caracteristica spectrala.

Cele doua caracteristici, corespunzatoare unui LED de culoare rosie ($\lambda=666$ nm) sunt prezentate in figura 1.2.

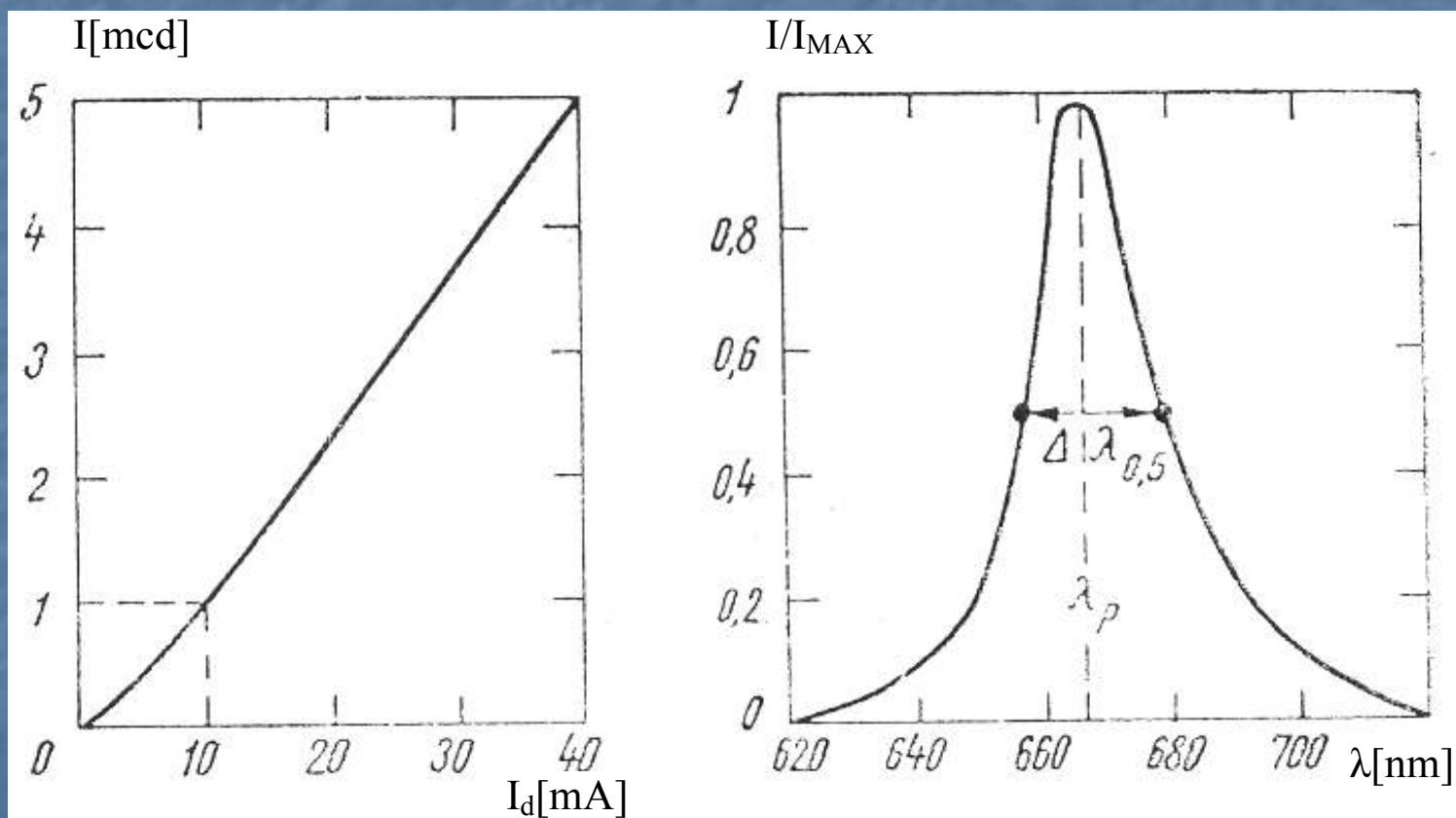


Figura 1.2 Caracteristica intensitate/curent direct si caracteristica spectrala pentru un LED de culoare rosie

1.3 Aplicatii

În mai toate aplicațiile în care sunt folosite, LED-urile sunt tratate ca și cum ar fi diode obișnuite, cu singura diferență că tensiunea de deschidere V_D este mult mai mare decât cea a diodelor obișnuite, ajungând chiar și până la 1,5-2V. Câteva exemple de circuite de comandă ale LED-urilor sunt prezentate în figurile 1.3 și 1.4.

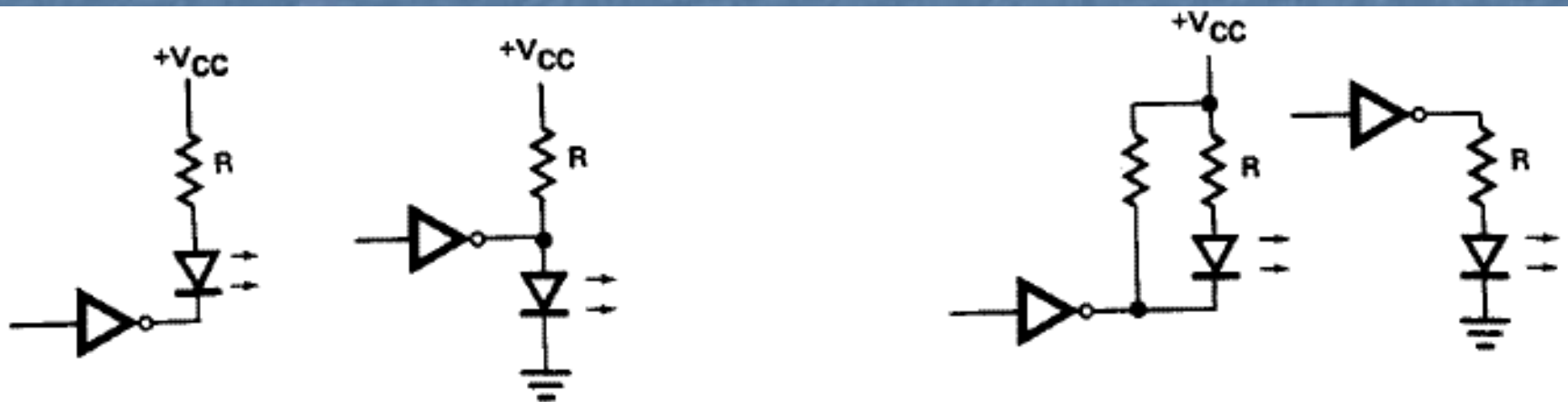


Figura 1.3 Comanda LED-urilor cu porți logice

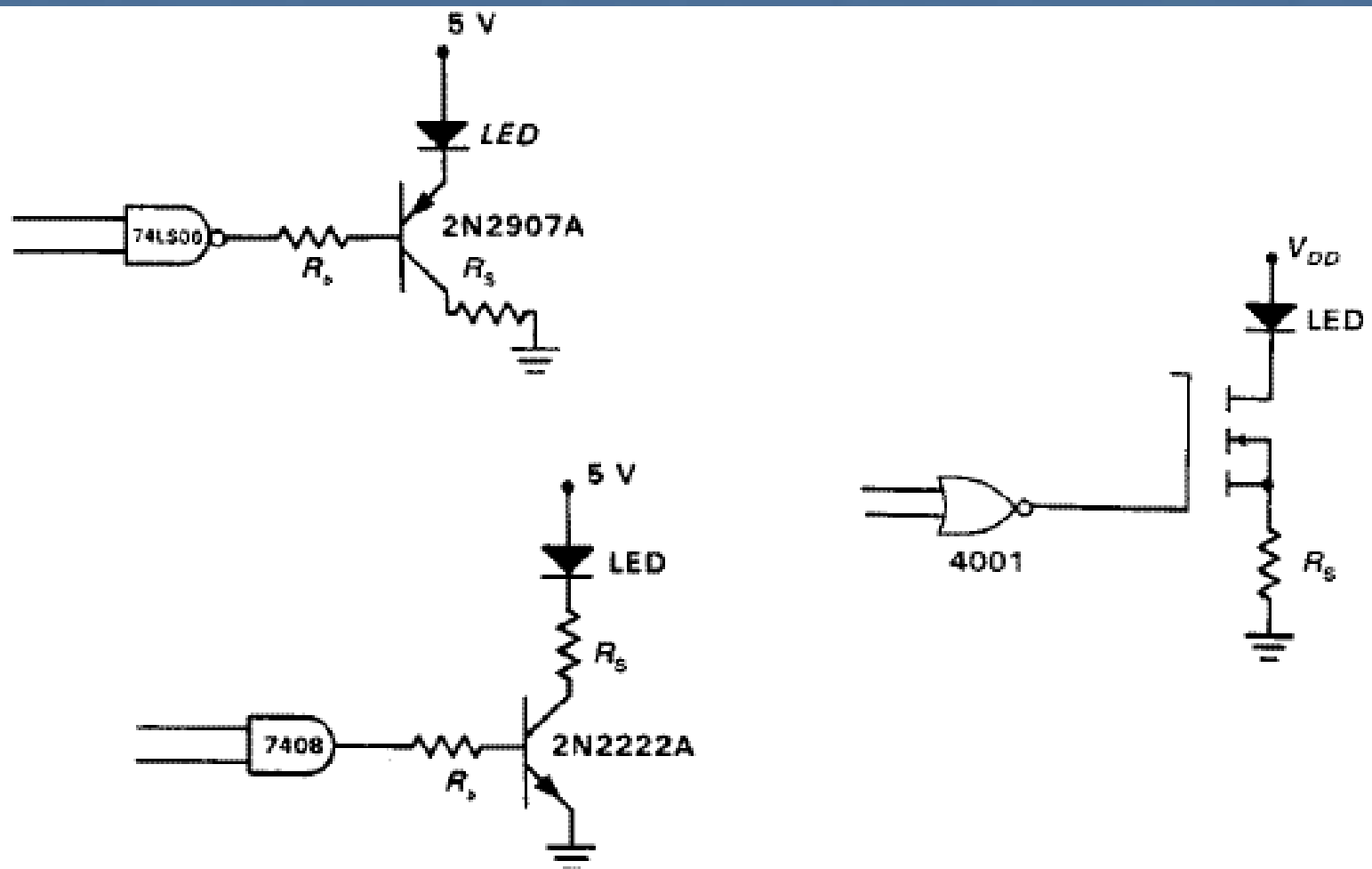


Figura 1.4 Comanda LED-urilor cu porti logice si drivere de curent realizate cu tranzistor

O alta aplicatie a LED-urilor o reprezinta asa-numitele bargrafuri, folosite pentru indicarea nivelului de semnal, de exemplu, fie prin aprinderea unor LED-uri succesive dintr-o linie (figura 1.5a), fie prin semnalizarea pozitiei unui indicator (figura 1.5b, aprinderea unui singur LED dintr-un sir de LED-uri).

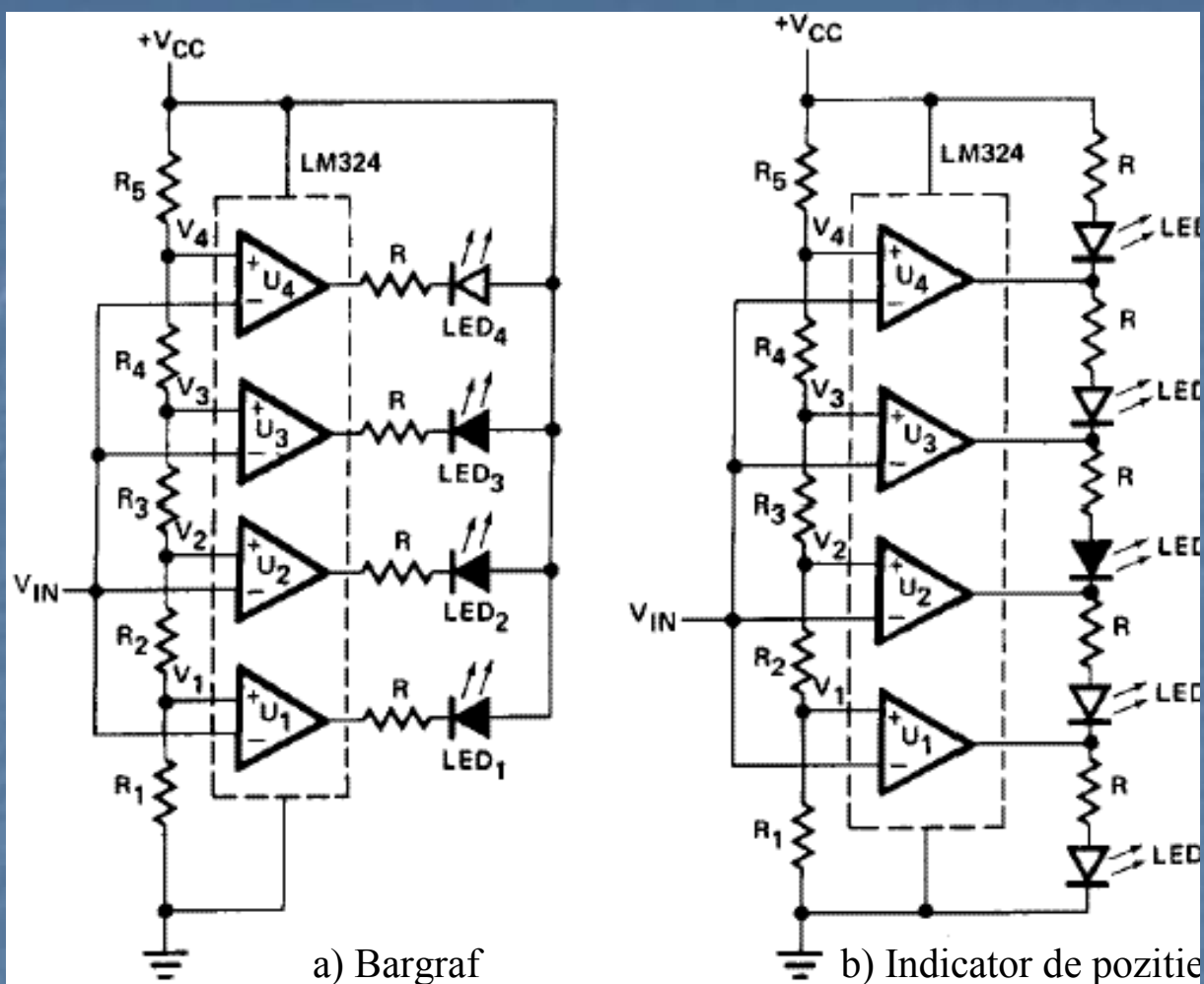


Figura 1.5 Circuite cu AO pentru realizarea de bargraf-uri sau indicatoare de pozitie

O alta aplicatie consta in realizarea de matrici de LED-uri care pot face parte din panouri luminoase, asa cum este prezentat in figura 1.6.

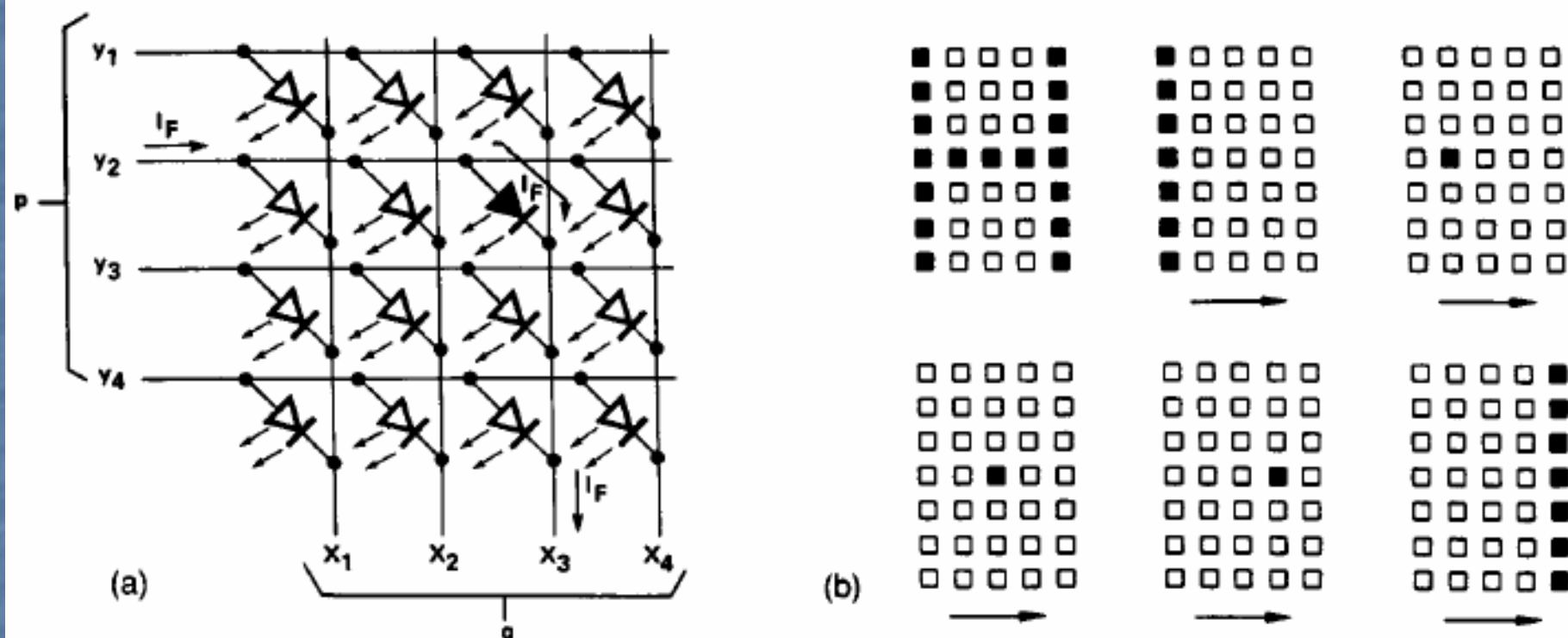


Figura 1.6 Afisor cu LED-uri asezate sub forma de matrice

O aplicatie extrem de intalnita este afisorul cu 7 sau 16 segmente. In acest caz, LED-urile au forma unor segmente, asa cum este prezentat in figura 1.7.

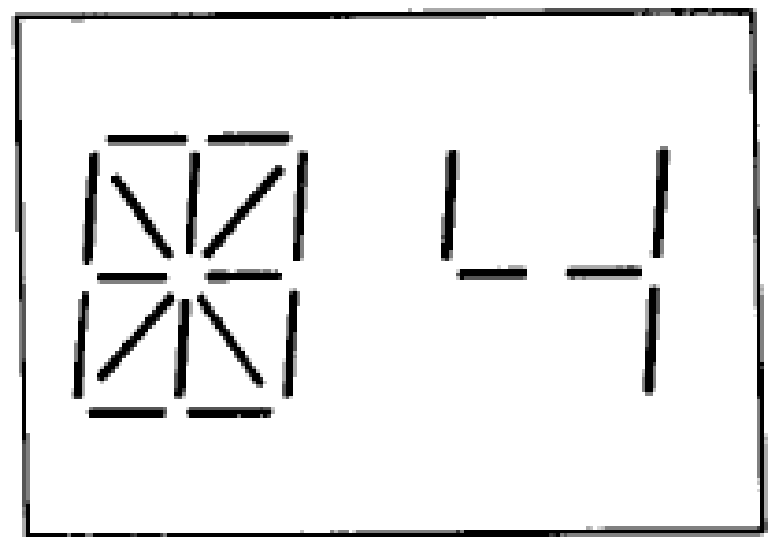
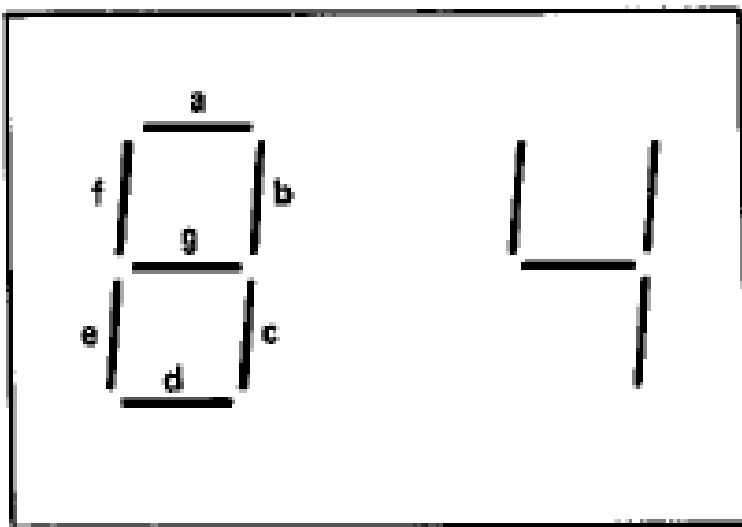


Figura 1.7 Afisor cu 7 si respectiv 16 segmente

Comanda a 6 afisoare cu 7 segmente este prezentata in figura 1.8. Fiecarui segment ii corespunde un terminal de comanda notat de la a la f. Toate terminalele de segment de la toate cele 6 afisoare 7 segmente sunt scurtcircuitate intre ele, respectiv. Aceasta conduce la reducerea numarului de terminale de comanda necesare driver-ului si a numarului de decodificatoare 7 segmente.

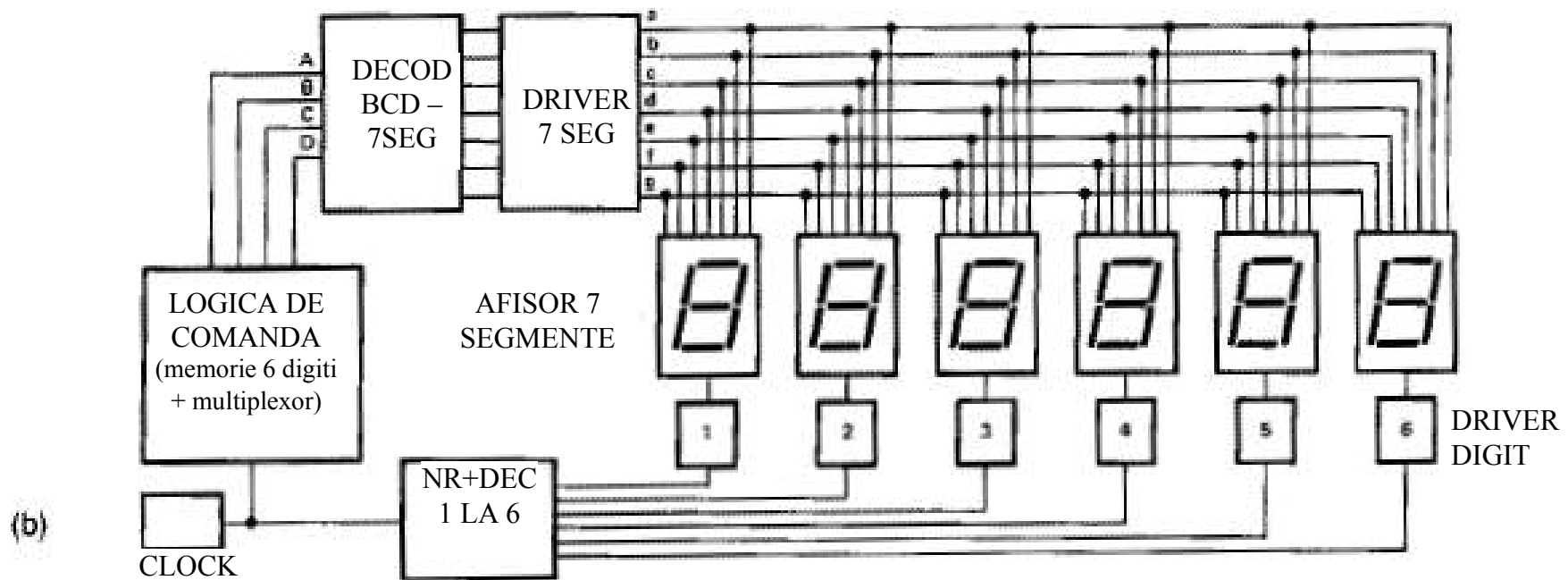


Figura 1.8 Comanda a 6 afisoare cu 7 segmente

In figura 1.8, exista un singur driver pentru comanda celor 7 segmente a ... f ale fiecarui afisor, notat DRIVER 7 SEG (comandat de un decodificator 7 segmente) si 6 drivere (DRIVER DIGIT) care activeaza pe rand unul din cele 7 afisoare, sub comanda unui numarator-decodificator. Activarea afisoarelor se face succesiv si rapid sub comanda numarator-decodificatorului. Cand unul din cele 6 drivere este activat, decodificatorul 7 segmente activeaza segmentele dorite pentru formarea caracterului pe afisorul respectiv. Apoi se activeaza urmatorul driver iar decodificatorul 7 segmente va activa segmentele dorite pentru cel de-al doilea afisor, s.a.m.d. Acest mod de comanda se numeste **comanda multiplexata**. Vizualizarea cifrelor se bazeaza pe efectul stroboscopic: daca o imagine revine periodic in fata ochiului cu o frecventa superioara frecventei stroboscopice (15-20Hz), atunci ochiul uman nu sesizeaza imaginea cu intermitente ci o imagine stabila. Pentru a nu fi totusi obositoare pentru ochi, aceasta frecventa de multiplexare trebuie sa fie de 2-3 ori mai mare decat frecventa stroboscopica.

2. CIRCUITE DE AFISARE CU CRISTALE LICHIDE (LCD)

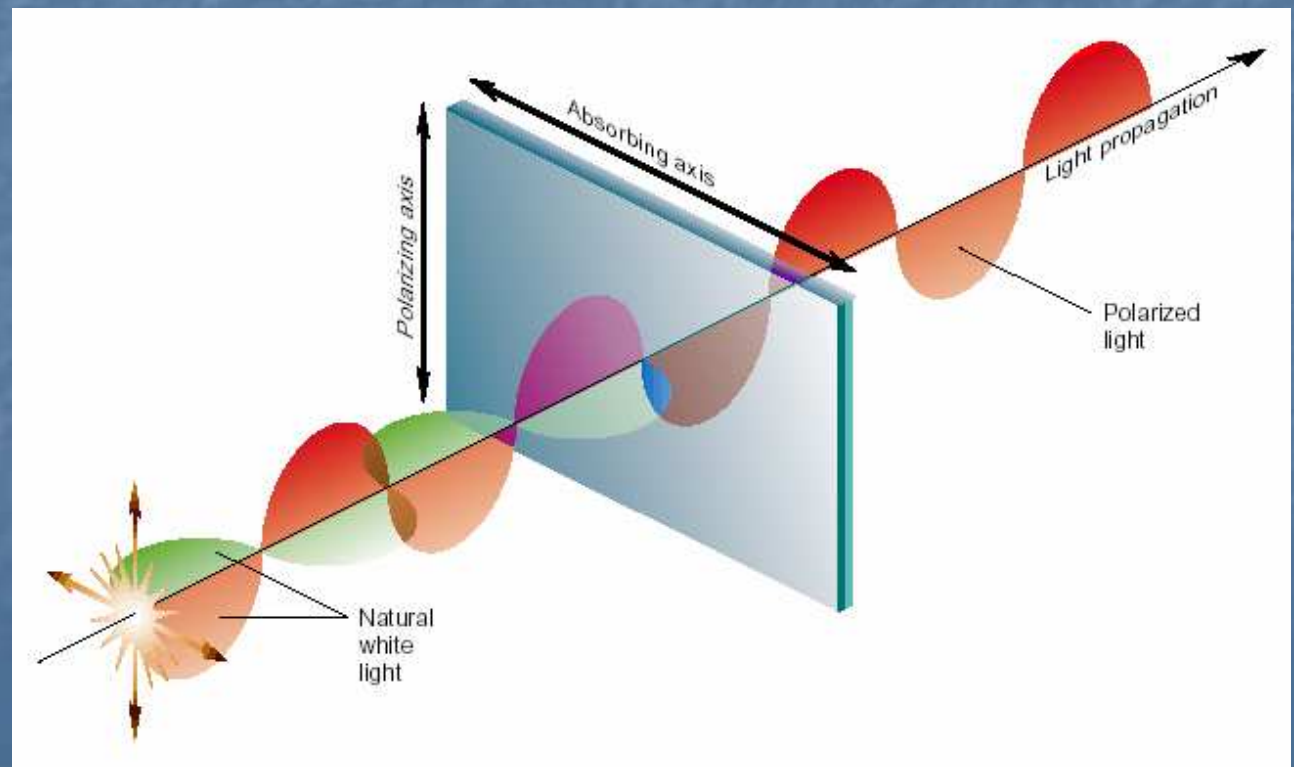
2.1 Introducere

Spre deosebire de LED-uri sau alte dispozitive active cum ar fi tuburile CRT, afisoarele cu plasma sau tuburile fluorescente, afisoarele cu cristale lichide (LCD – Liquid Crystal Display) nu emit ele însași lumina, ci modulează lumina emisă de o sursă independentă. Sursa de lumină poate fi lumina mediului ambiant reflectată de o oglindă amplasată la baza LCD-ului, cum este cazul display-ului LCD de ceas, telefon, etc. sau lumina emisă de tuburile fluorescente (CCFT - Cold Cathode Fluorescent Tube) și reflectată spre suprafața ecranului de către un reflector care are sarcina de a uniformiza repartiția luminii reflectate pe întreaga suprafață a ecranului.

2.2 Lumina polarizata

Funcționarea unui dispozitiv de afișare de tip LCD se bazează pe lumina polarizată. Lumina naturală, numită și lumină albă este nepolarizată, adică vectorul câmpului electric sau magnetic oscilează pe toate direcțiile dintr-un plan perpendicular pe direcția de propagare a luminii. Această lumină poate fi însă filtrată printr-un filtru special numit polarizator ce poate fi închipuit ca un grătar care lasă să treacă lumina ce oscilează doar pe o anumită direcție a planului.

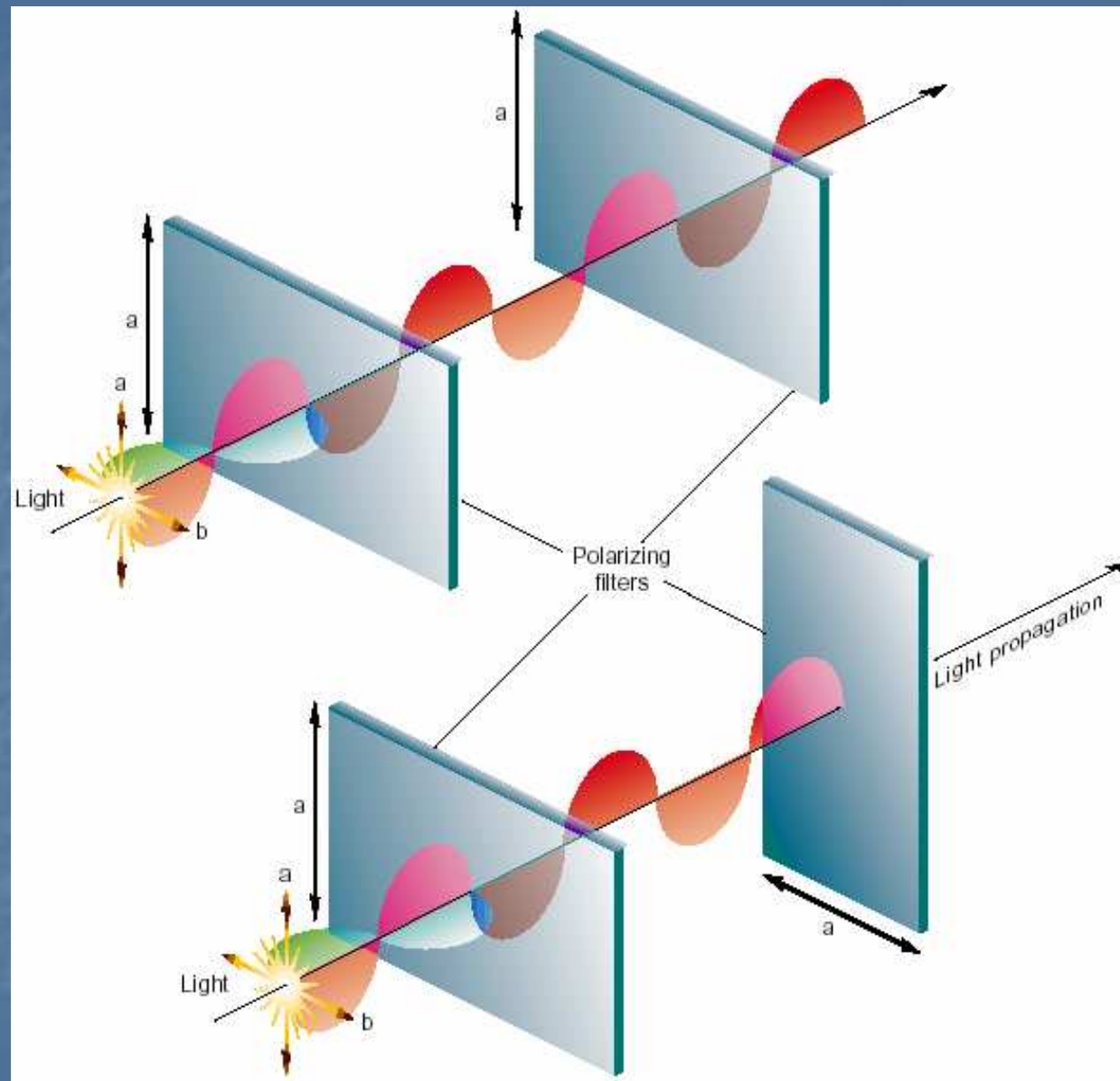
În figura 2.1 este prezentată polarizarea luminii folosind un astfel de polarizator. Se observă că lumina este lăsată să treacă doar pentru direcția verticală a planului polarizorului.



Dacă după un prim polarizator, lumina polarizată vertical întâlnește un al 2-lea polarizator, având o orientare perpendiculară față de cea a primului, adică orizontală, lumina polarizată în plan vertical nu mai poate trece prin acesta din urmă.

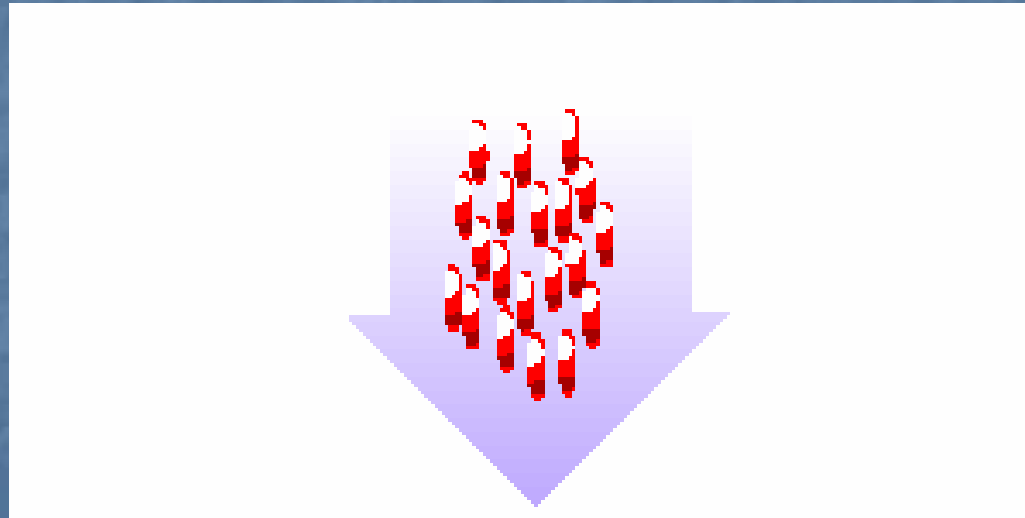
Folosind lumina polarizată, diferite polarizatoare și un mediu ce conduce lumina, mediu care are posibilitatea ca odată cu conducerea luminii să și rotească planul de polarizare al acesteia, se poate comanda pe ecranul unui display LCD apariția unor puncte (pixeli) luminoase sau întunecate.

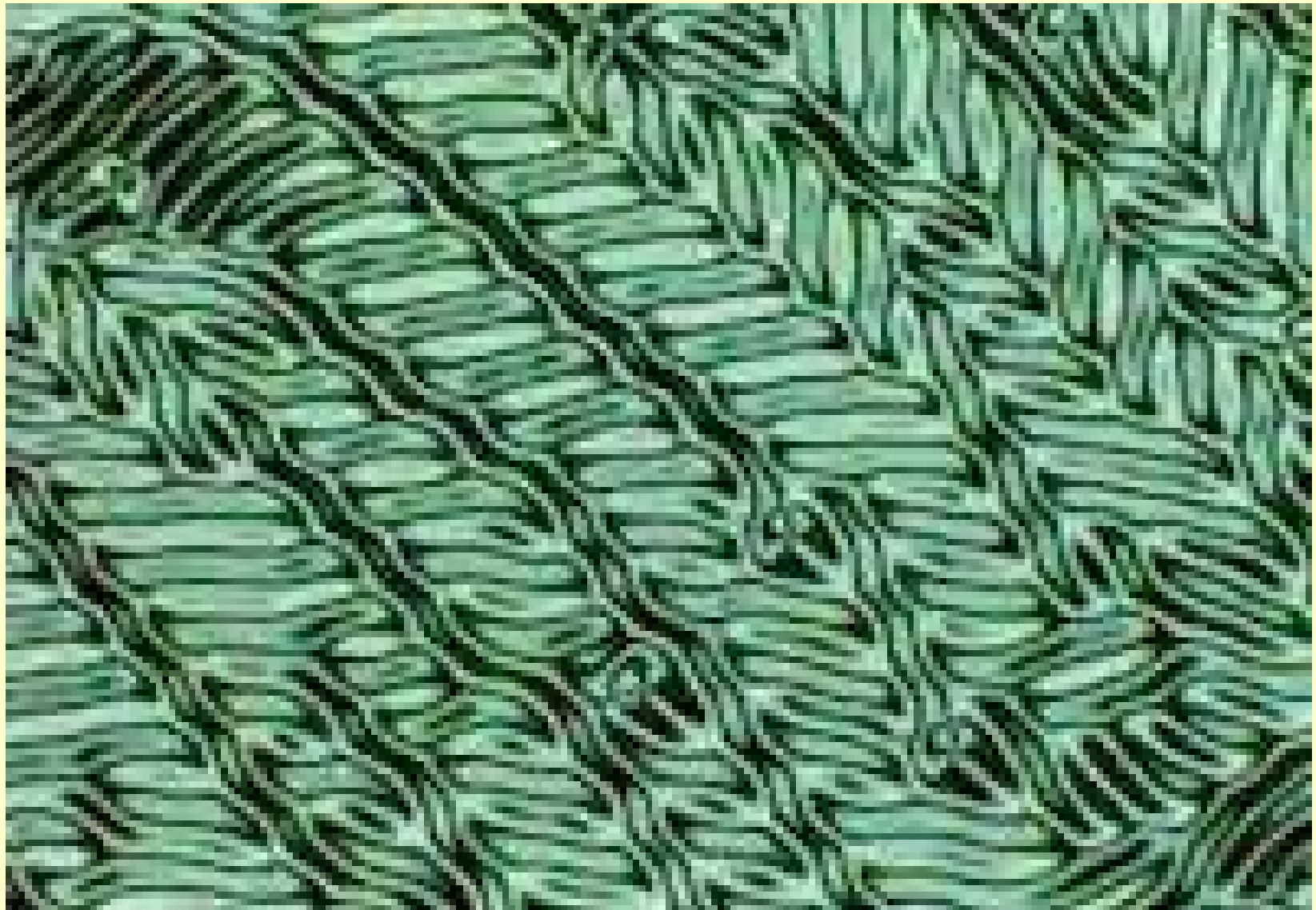
Elementul care asigură conducerea și rotirea planului de polarizare al luminii este **celula de cristal lichid**.



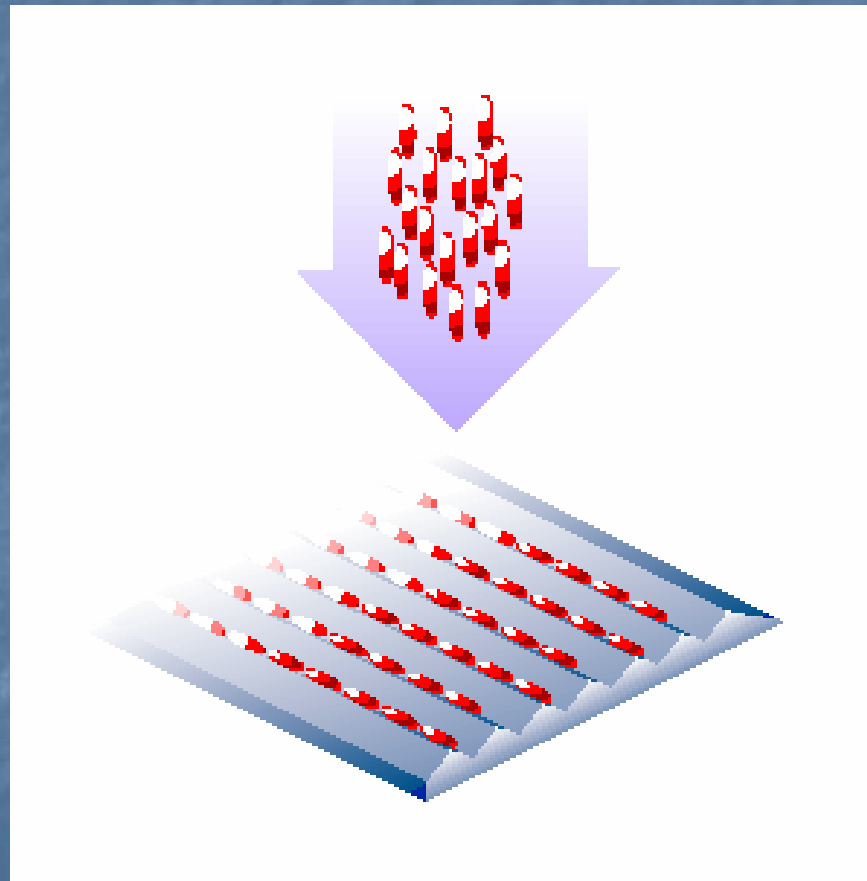
2.3 Alinierea cristalelor lichide

Cristalele lichide sunt formate dintr-un set de componente organice complexe, compuse din molecule alungite care, în stare naturală, sunt ordonate paralel, după axele lor lungi. Cristalele lichide pot fi întâlnite în natură în diferite faze, dintre care pentru display-uri este utilă *faza nematică*.

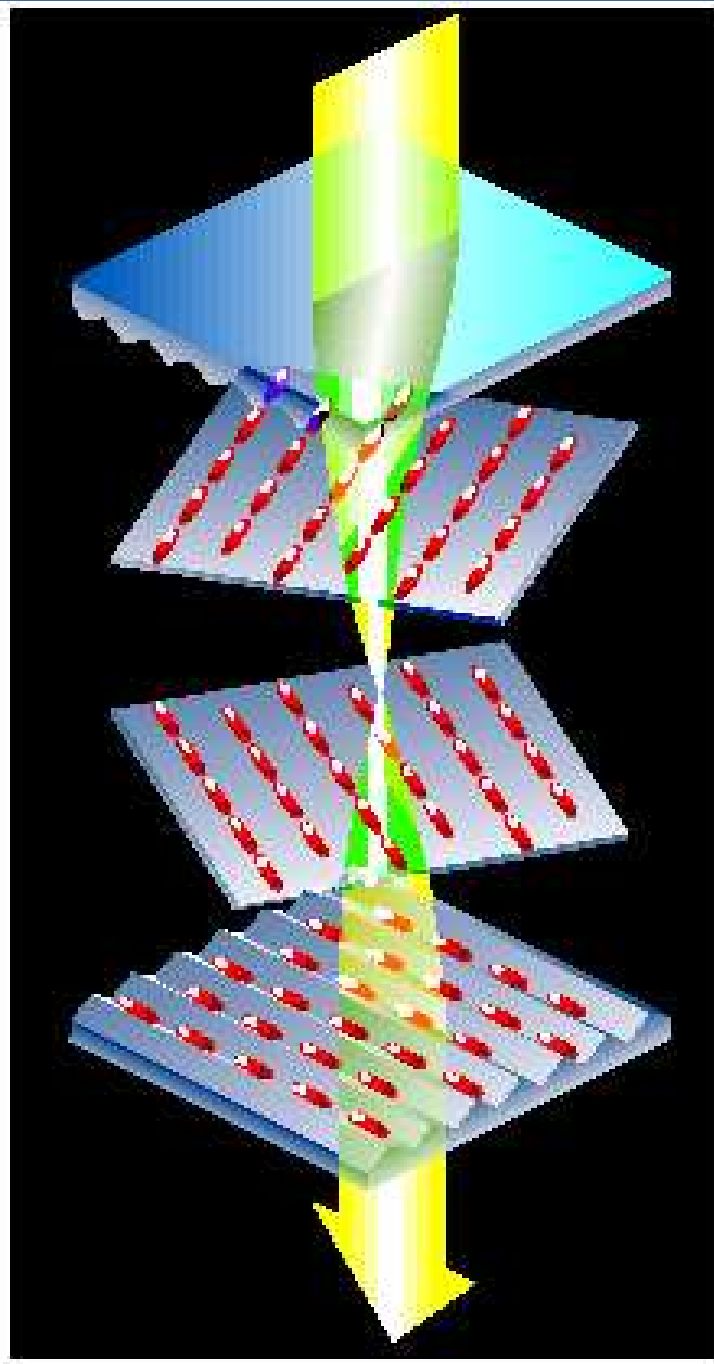
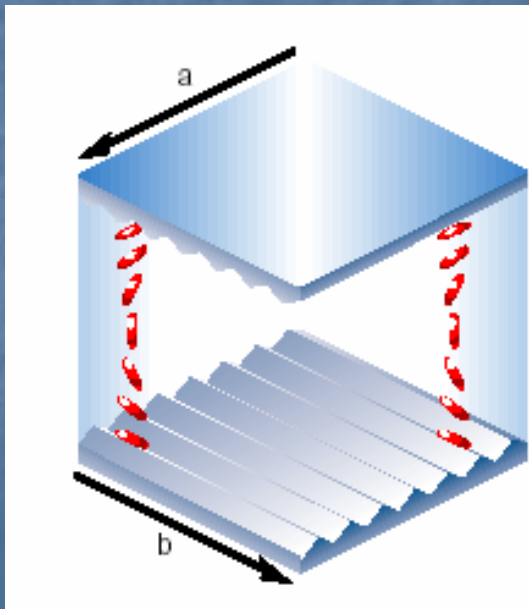




În fază nematică, în baza structurii lor moleculare, cristalele lichide se pot alinia unor suprafețe numite *straturi de aliniere*.



În baza proprietăților lor mecanice, cristalele lichide se lasă rotite în formă de spirală dacă sunt amplasate între două straturi de aliniere rotite la 90 grade, așa cum este sugerat în figura.



Amplasarea în formă de spirală între doua strate de aliniere asezate la 90° formeaza o asa-numita celula Twisted Nematic (TN) de cristale lichide. Dacă unghiul de rotație este de 270° celula se numeste Super Twisted Nematic (STN).

Există sute de tipuri de cristale lichide, fiecare având diverse proprietăți fizice, electrice și optice. În afisoarele LCD se folosește o combinație de cel puțin 10 tipuri de cristale lichide. Display-urile cu cristale lichide sunt caracterizate de doi importanți parametri:

- **contrastul**, definit ca raportul între intensitatea punctului luminos și intensitatea punctului întunecat;
- **unghiul de vizualizare**, definit ca unghiul calculat față de o direcție specificată (în particular poate fi perpendiculară pe planul ecranului) în care imaginea afișată poate fi văzută în bune condiții, la valoarea de contrast specificată.

Celulele TN asigură contraste de 3:1 și un unghi de vizualizare de doar 20° , cele STN contraste de până la 10:1 și unghiuri de până la 40° . Două celule de cristal lichid STN una peste alta formeaza o celula de tipul Double Super Twisted Nematic (DSTN), cel mai frecvent folosit astăzi în display-urile cu matrice pasivă. Există însă și afişoare LCD cu trei celule suprapuse Triple Super Twisted Nematic (TSTN). Aceste structuri asigură astăzi contraste ce depășesc 300:1.

Când între cele două straturi de aliniere se aplică o diferență de potențial, datorită faptului că moleculele de cristal lichid sunt polare, acestea se vor orienta după liniile de câmp electric.

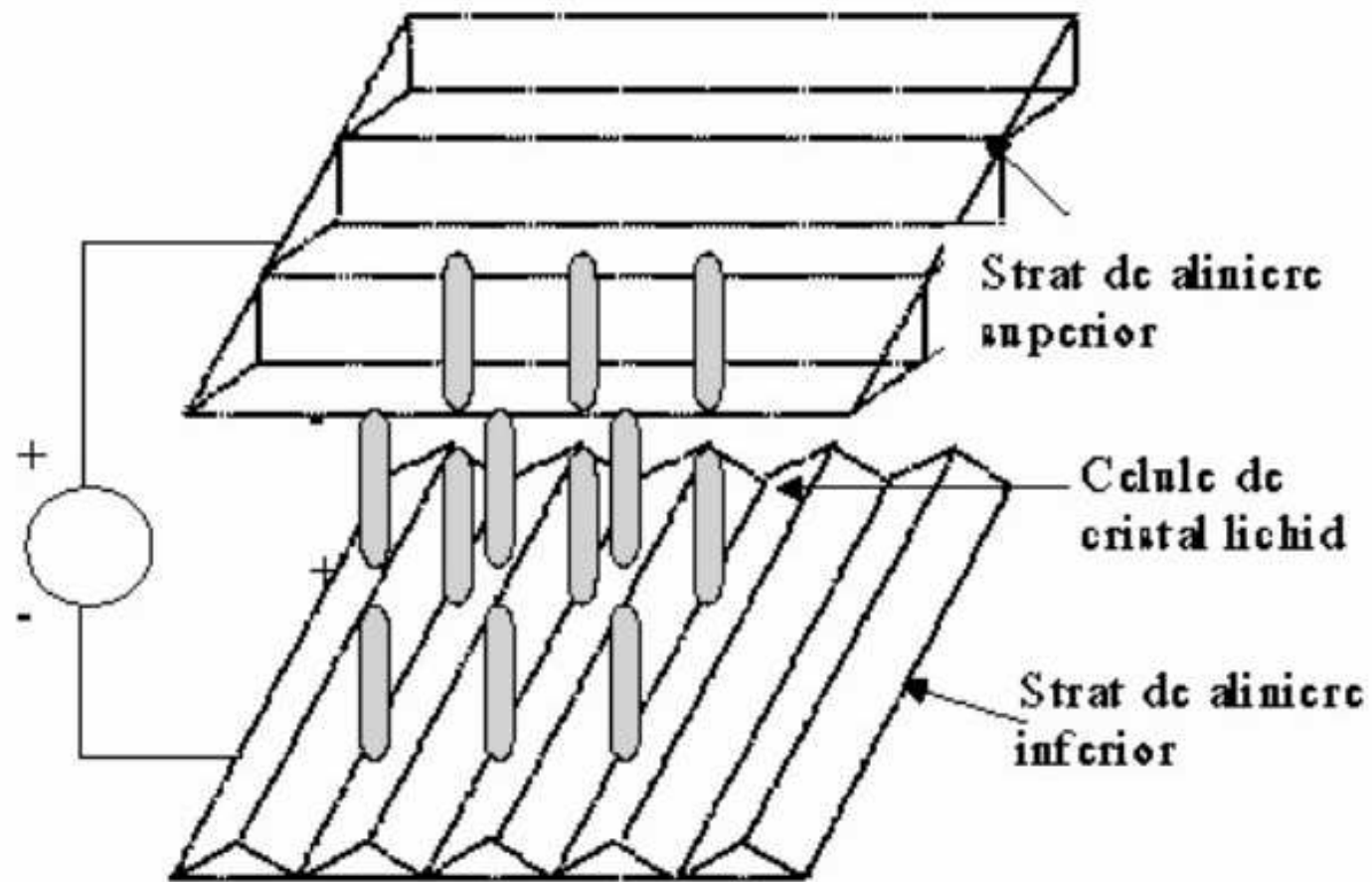
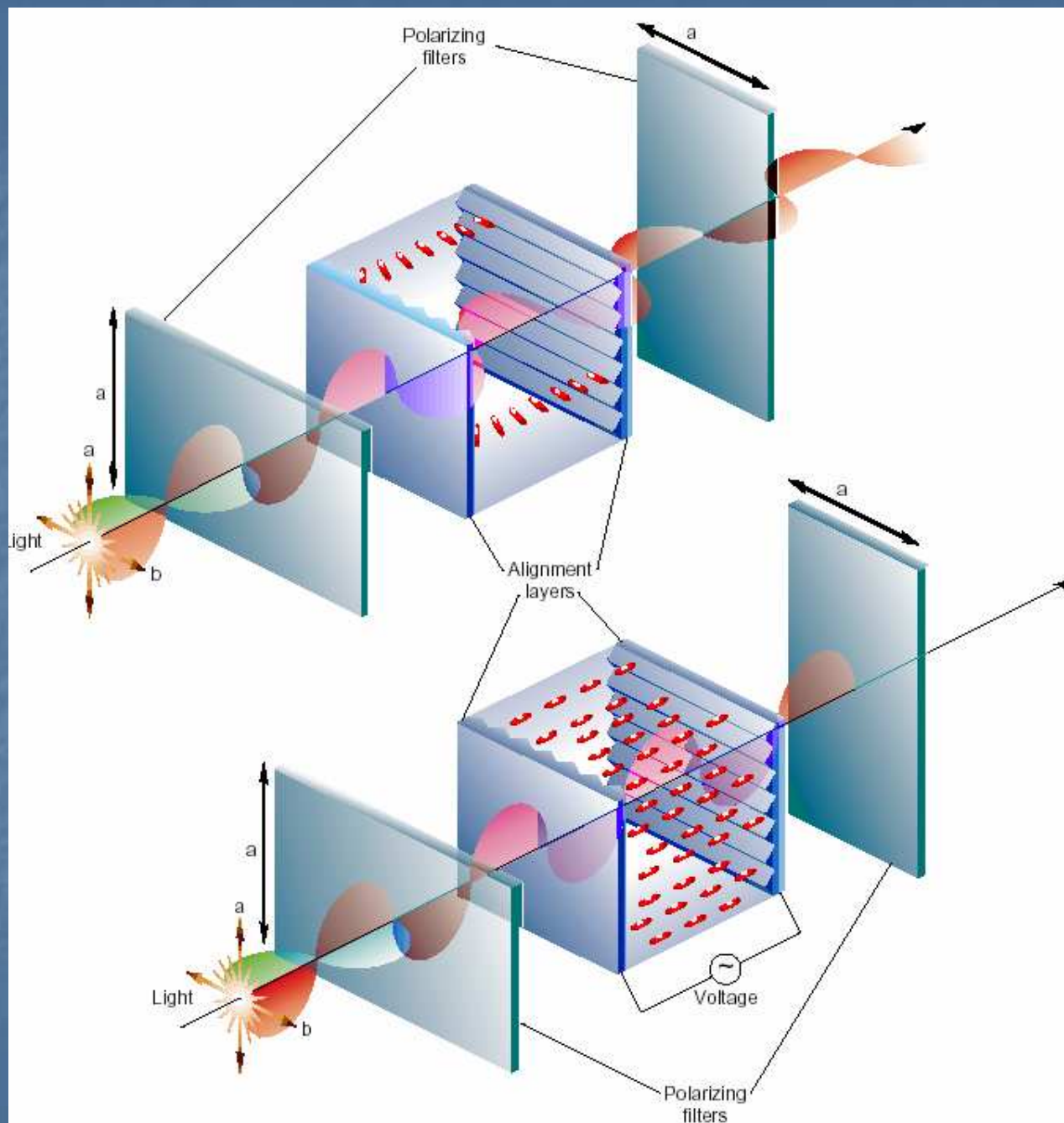


Figura 3.7 Orientarea celulelor sub acțiunea câmpului electric



2.4 Structura afișorului LCD

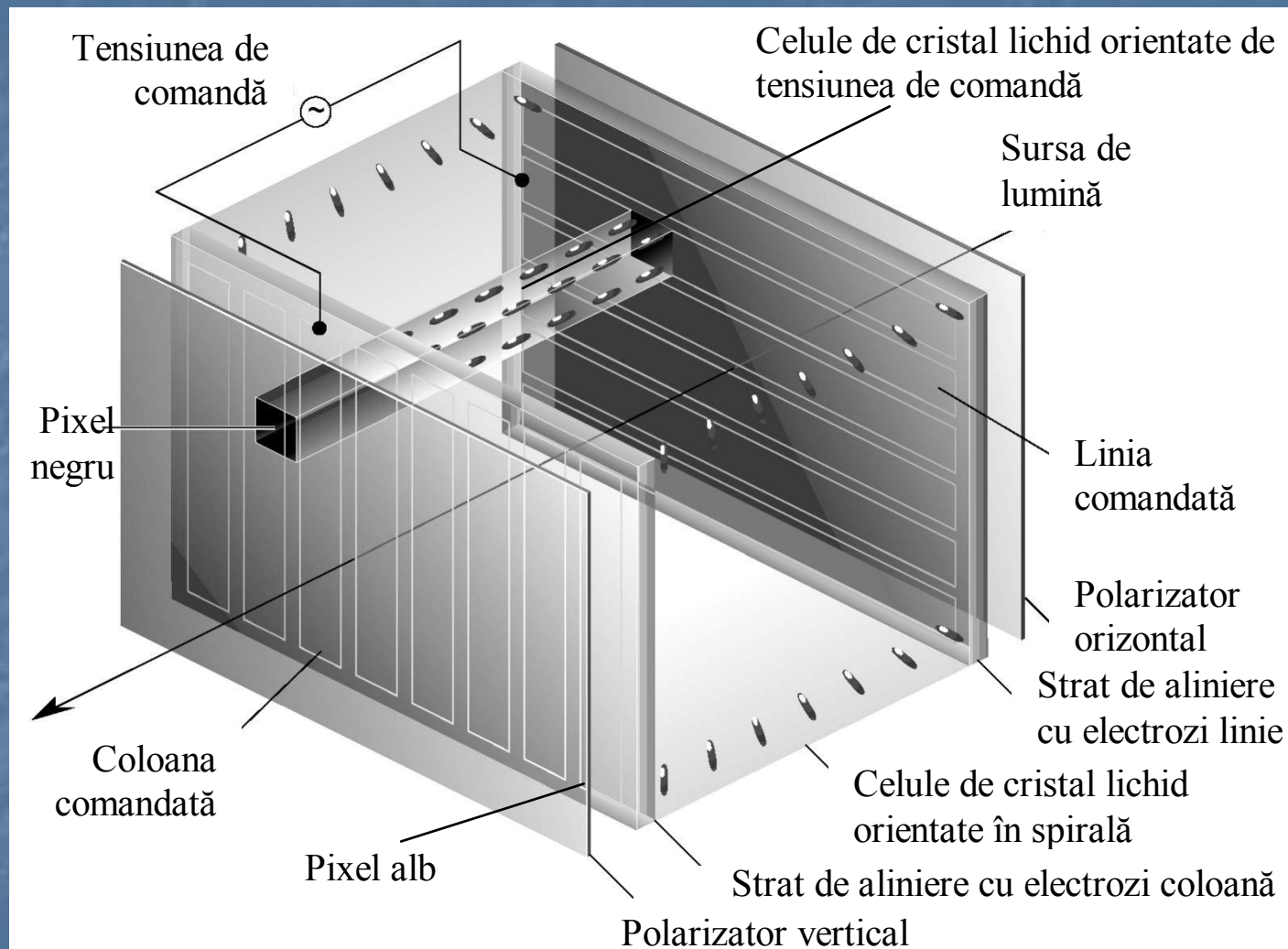
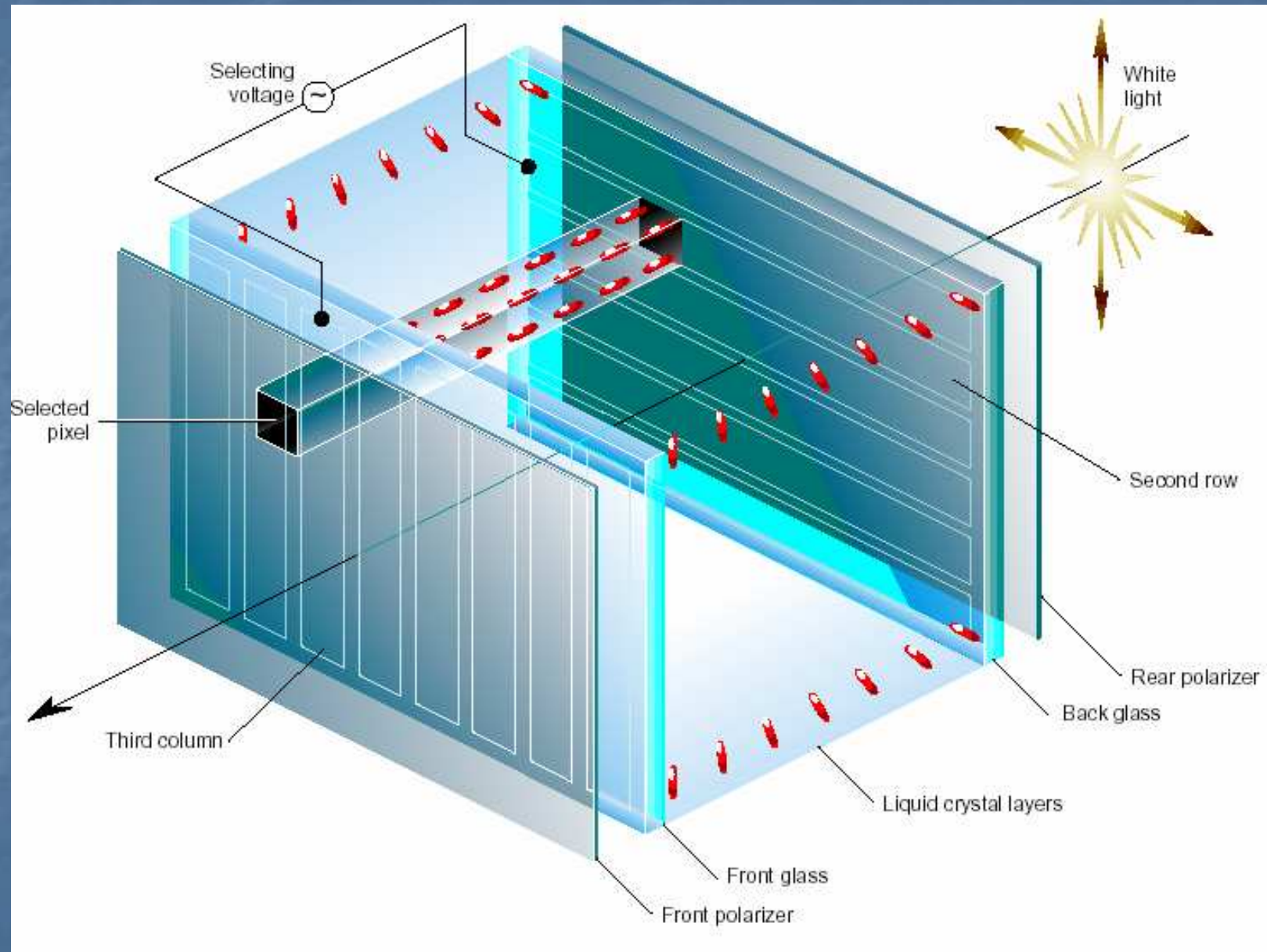


Figura 3.8 Structura afișorului LCD

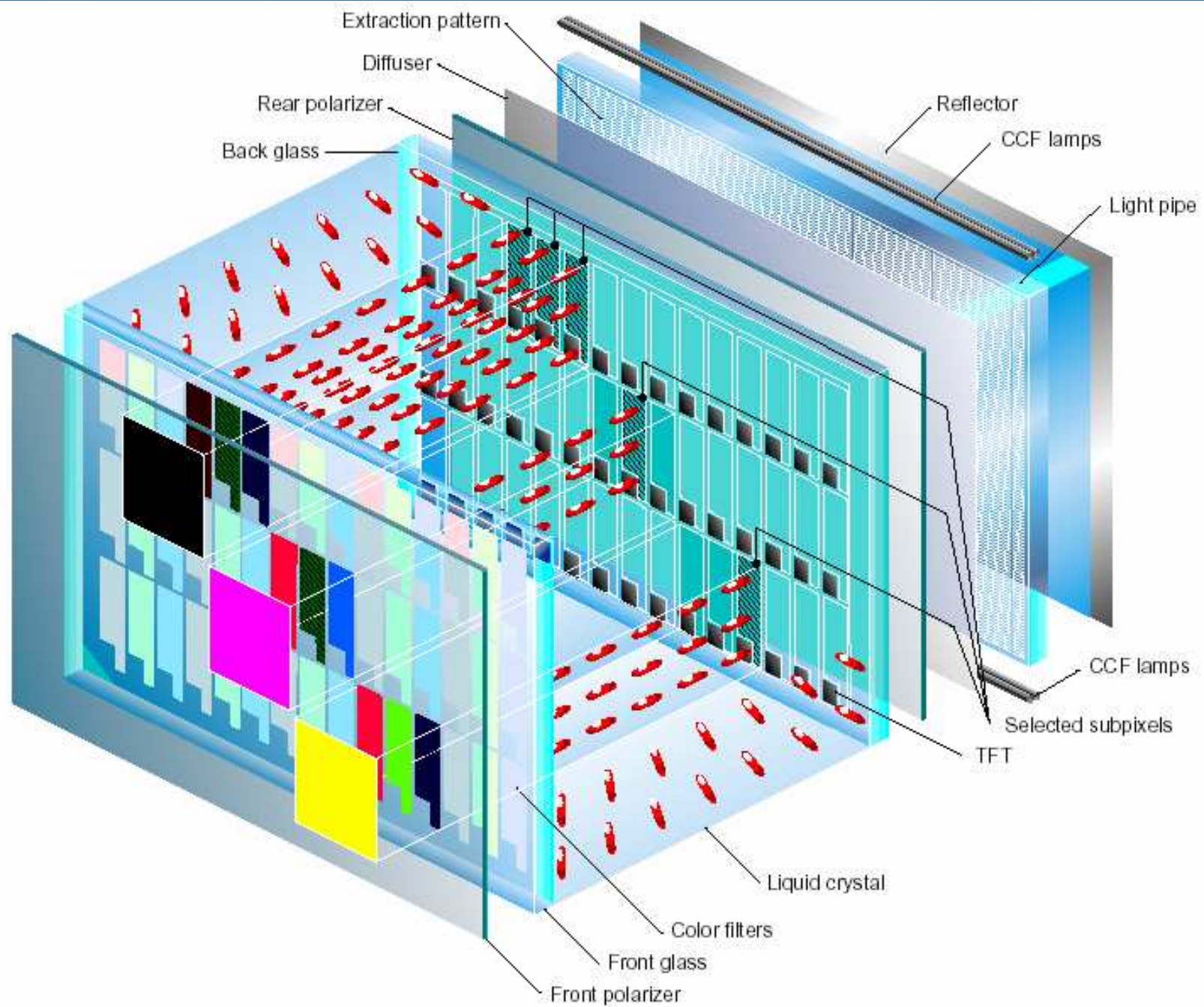
Structura afișorului LCD



Funcționarea afișorului LCD

Pe lângă cele două straturi de aliniere, un afișor LCD conține și două polarizatoare (figura următoare). Sursa de lumină furnizează lumină nepolarizată ce trece prin primul polarizator, cel cu orientare orizontală, poziționat în spate. După ce lumina trece prin acest polarizator rezulta lumină polarizată orizontal. Aceasta întâlnește apoi cristalele lichide bune conductoare de lumină. Să presupunem pentru început că nu există o tensiune de comandă și că cristalele lichide sunt dispuse în spirală între cele două plane de aliniere. În acest caz, lumina este condusă de celulele dispuse în spirală iar planul de polarizare al luminii se va roti odată cu moleculele de cristal lichid. Lumina ajunge deci la polarizatorul din față având planul de polarizare vertical. Acest plan se potrivește cu cel al polarizatorului și lumina va trece prin acesta producând un punct luminos pe ecranul LCD.

Lumina polarizată este condusă de către celulele de cristal și în cazul în care acestea se orientează ca urmare a aplicării unui câmp electric. În acest caz, planul de polarizare al luminii ajunge însă la polarizatorul din față fără a fi rotit, adică cu polarizare orizontală. Acest plan fiind obturat de polarizatorul din față, efectul va fi un punct negru pe ecran.



Întrucât sursa de lumină emite lumina albă, pentru obținerea unei imagini în culori este necesară folosirea filtrelor de culoare. Acestea se dispun de regulă imediat în spatele polarizatorului vertical, în dreptul coloanelor sub-pixelilor de culoare și filtrează (lasă să treacă) una din cele trei culori fundamentale roșu, verde și albastru. Formarea colorilor se face tot prin amestecul aditiv al culorilor primare, similar ca la tubul CRT. Controlul intensităților culorilor primare se face prin tensiunea de comandă ce poate asigura o rotire completă sau parțială a celulelor și deci intensități luminoase diferite la ieșirea din polarizatorul vertical.

Așa cum este prezentat în figura anterioară, un afisor cu cristale lichide are o structură de tip sandwich formată din:

- polarizator posterior;
- placă de sticlă posterioară conținând un strat de aliniere și electrozii de linie;
- celule de cristal lichid;
- filtru de culoare RGB (numai la monitoarele color);
- placă de sticlă frontală cu strat de aliniere și electrozi de coloană;
- polarizatorul frontal.

2.5 Comanda afisoarelor cu matrice pasiva

Proiectarea circuitelor de comanda pentru dispozitivele de afisare cu cristale lichide prezinta particularitati legate de temperaturile de stocare si cele de functionare, modificarea tensiunilor de alimentare, functionarea in cazul unei iluminari ambientale scazute, etc. Celulele cu cristale lichide functioneaza astazi cu tensiuni de prag cuprinse intre 1,5V si 2V, folosindu-se tensiuni de comanda alternative sau in impulsuri.

Tensiunile de comanda trebuie sa asigure componente continue cat mai apropiate de zero deoarece aplicarea permanenta a unei tensiuni continue chiar si de cativa de mV poate conduce la reorientarea nedorita a moleculelor de cristal lichid sau la opacizarea electrozilor transparenti.

Cea mai simpla comanda este cea fara multiplexare pe baza unui circuit de tip SAU-EXCLUSIV, asa cum este cel pentru comanda a doua segmente, prezentat in figura 2.4.

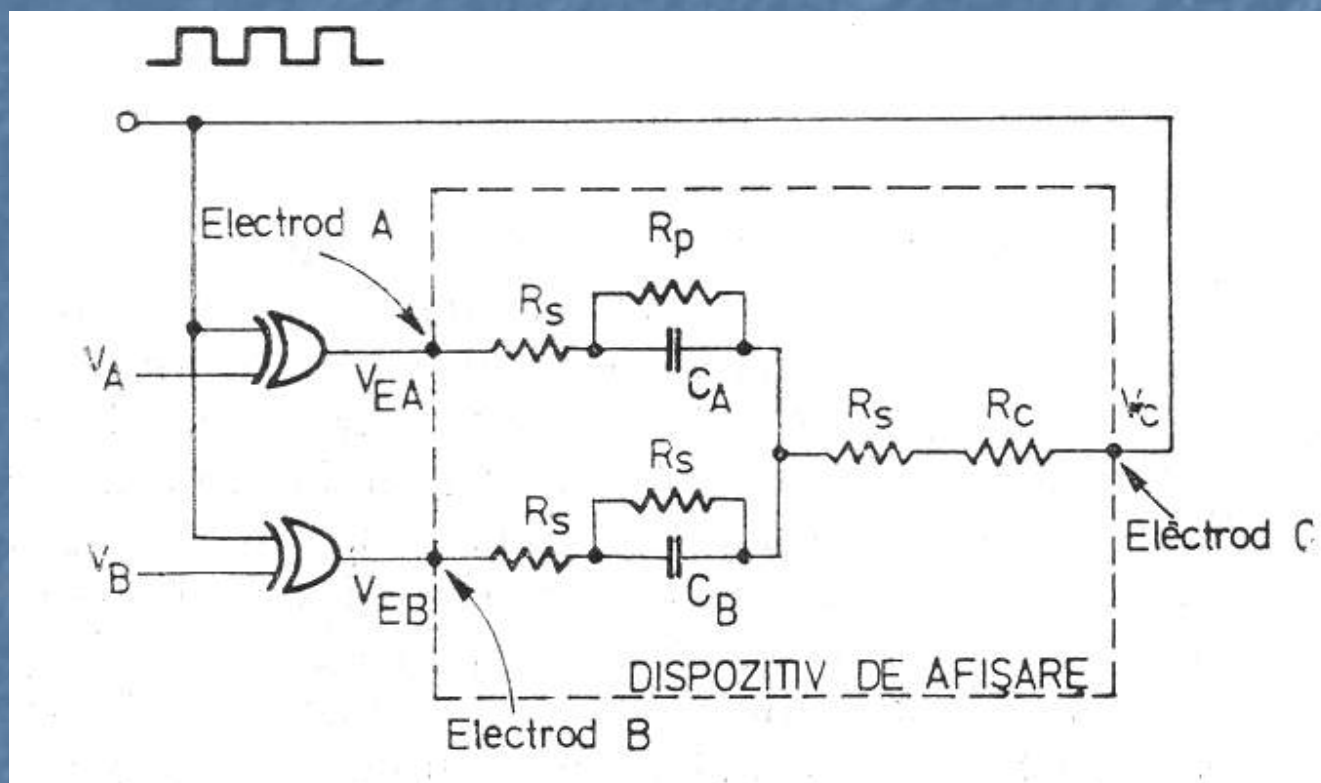


Figura 2.4 Comanda dispozitivelor de afisare cu cristale lichide folosind circuite SAU-EXCLUSIV

Cele doua segmente comandate sunt simbolizate prin doua condensatoare C_A si C_B si au cate un electrod de comanda Electrod A si Electrod B, alaturi de un electrod comun notat Electrod C, numit si backplane. Rezistenta contactelor este modelata prin R_s iar curentul de pierderi al fiecarui segment (curentul care circula prin cristalul lichid) este modelat prin introducerea in model a unui rezistor R_p . Prin R_c a fost notata rezistenta echivalenta a electrodului comun.

Fiecare segment este comandat de catre un circuit SAU-EXCLUSIV. Formele de unda aplicate electrodului comun si celor doua intrari de comanda sunt prezentate in figura 2.5.

Se observa ca pentru $V_A = 0$ logic, formele de unda V_C si V_{EA} coincid, ceea ce face ca tensiunea diferentiala pe elementul de afisare $V_{CA} = V_{EA} - V_C$ sa fie nula. In cazul in care $V_A = 1$, tensiunile V_C si V_{EA} sunt in antifaza si semnalul V_{CA} arata ca in figura 2.5, prezentand o componenta de curent continuu nula daca coeficientul de umplere a semnalului V_C este 50%. Acest tip de comanda prezinta dezavantajul unui numar mare de contacte, cate unul pentru fiecare element de afisare si se foloseste mai rar (pentru nr. mic de elemente de afisare).

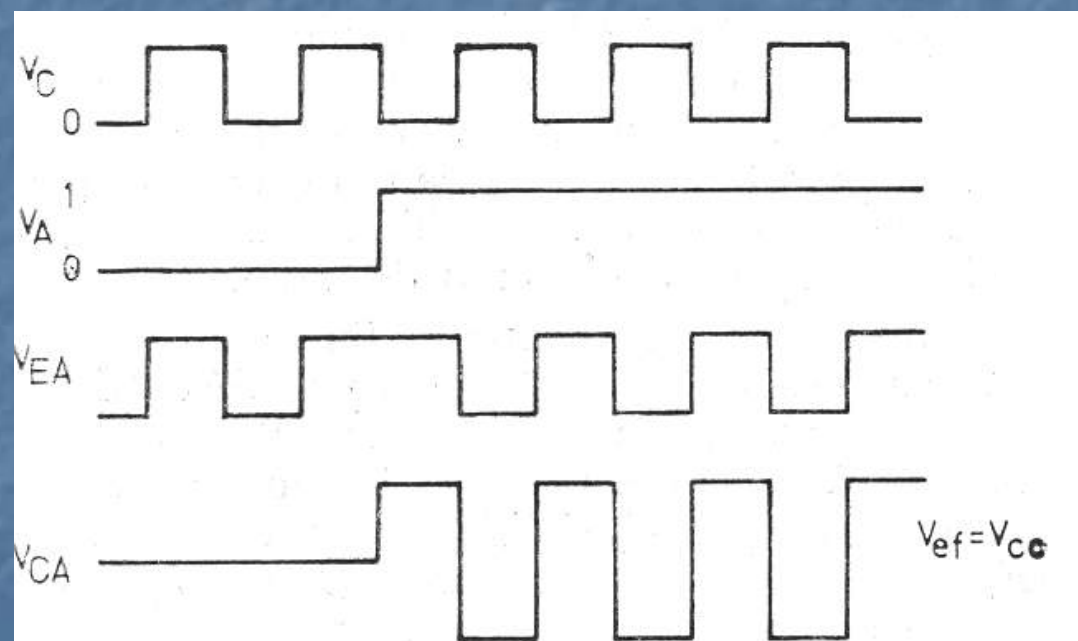


Figura 2.5 Formele de unda corespunzatoare terminalelor dispozitivului de afisare din figura 2.4

Daca dispozitivul de afisare prezinta mai multe caractere sau forme grafice, se foloseste uzual comanda matriciala (figura 2.6) a elementelor de afisare si comanda prin metoda de multiplexare.

Daca in cazul LED-urilor sau afisoarelor 7 segmente, mai multe terminale ce corespundeau aceluiasi segment puteau fi unite si comandate de o aceeaasi iesire a unui decodor 7 segmente, aceasta metoda nu poate fi folosita in cazul cristalelor lichide datorita comportarii capacitive a acestora.

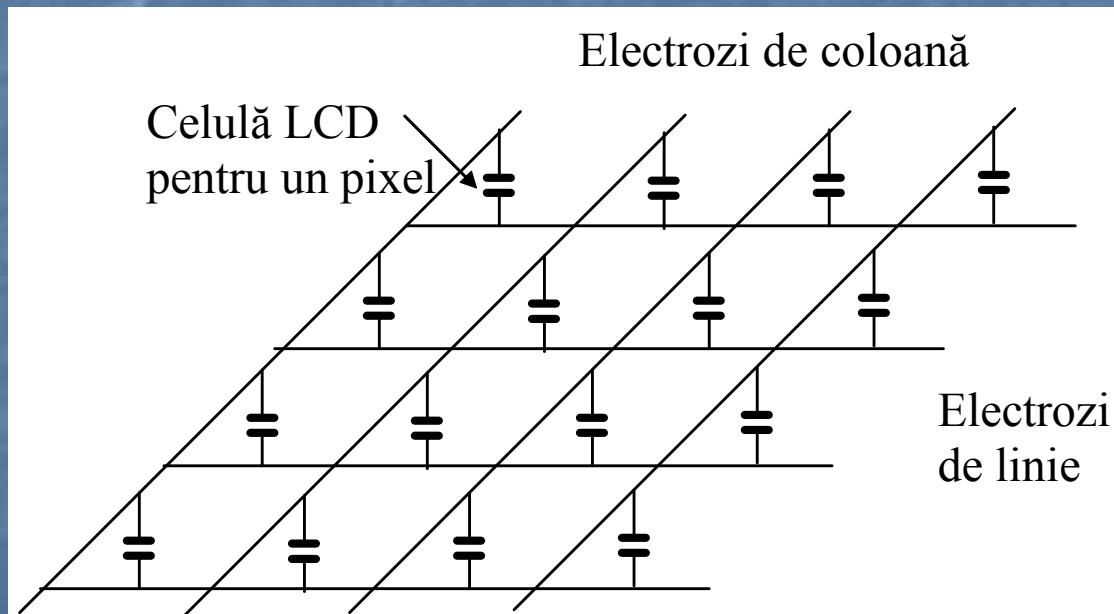


Figura 2.6 Comanda matriciala a celulelor LCD

In proiectarea circuitelor de comanda a dispozitivelor de afisare cu cristale lichide prin metoda multiplexarii se urmaresc urmatoarele aspecte tehnice:

- componenta de curent continua a tensiunii aplicate elementului de afisare trebuie sa fie cat mai apropiata de zero;
- elementele sa fie comandate matricial, pe linii si coloane (fig 2.6);
- tensiunile de comanda sa se aplice simultan pe toate liniile si coloanele insa formele de unda sa fie alese astfel incat diferenta de tensiune intre oricare linie si coloana sa nu depaseasca valoarea de prag decat pentru elementele care trebuie "aprinse";

Utilizand aceasta metoda de comanda, unele elemente vor fi "complet comandate" iar celelalte "semi-comandate" deoarece au intotdeauna aplicata o diferenta de tensiune pe element dar nu suficient de mare incat sa provoace modificarea iluminarii.

Metoda este simpla dar contrastul obtinut astfel este limitat.

In figura 2.7 sunt prezentate formele de unda pentru comanda segmentelor in mod matricial prin metoda multiplexarii, folosindu-se trei nivele de tensiune ($0V$ si $\pm V_{ln}$) pentru formele de unda aplicate pe linii si doar doua nivele de tensiune ($\pm V_{cl}$) pentru formele de unda aplicate pe coloane.

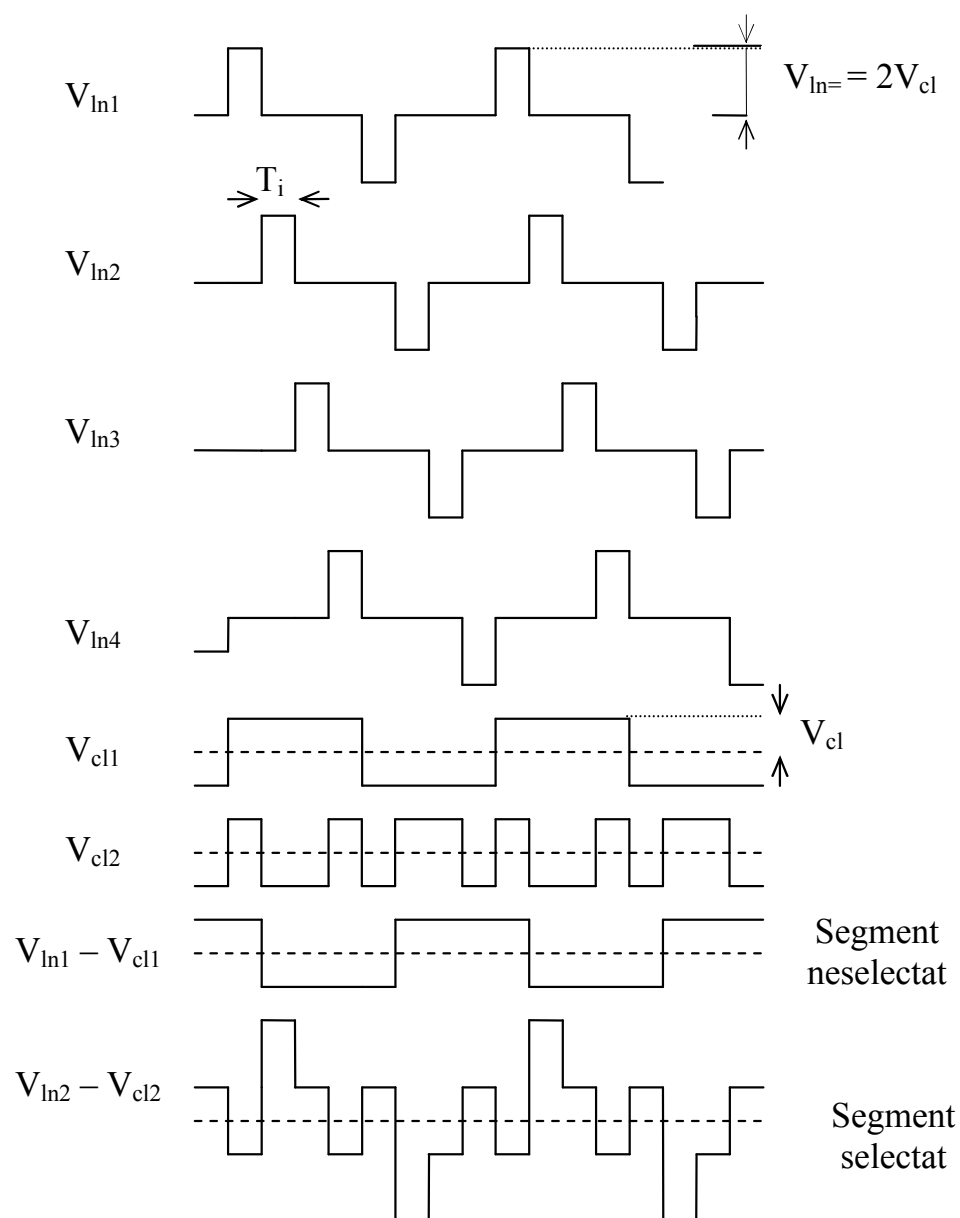


Figura 2.7 Forme de unda pentru comanda LCD utilizand 3 niveluri de tensiune

Formele de unda pentru linii sunt practic aceleasi dar decalate in timp cu un interval T_i . Formele de unda pentru coloane sunt astfel alese incat prin diferentierea lor din semnalul aplicat liniilor sa rezulte fie activarea segmentului, fie inactivarea lui. Astfel, forma de unda propusa pentru coloana 1 combinata cu oricare din cele patru forme de unda corespunzatoare liniilor va conduce la diferente $V_{ln} - V_{cl}$ de forma celei notate $V_{ln1} - V_{cl1}$ din figura 2.7. (la care amplitudinea nu depaseste niciodata valoarea V_{cl} – valoare insuficienta pentru “aprinderea” segmentului). Daca insa pe o coloana se aplica o forma de unda cum este cea propusa pentru coloana 2, notata V_{cl2} , atunci vor fi selectate segmentele corespunzatoare liniilor 2 si 3 pentru care exista momente in care diferenta $V_{ln} - V_c$ depaseste valoarea $2 \times V_{cl}$, (valoarea aleasa sa depaseasca tensiunea de prag pt. “aprinderea” segmentului). Pentru exemplificare, in fig. 2.7 se poate urmari forma de unda $V_{ln2} - V_{cl2}$.

Este important de remarcat faptul ca formele de unda ce corespund caderilor de tensiune pe celulele cu cristale lichide notate $V_{ln1} - V_{cl1}$ si $V_{ln2} - V_{cl2}$ sunt caracterizate de o valoare medie (componenta de curent continuu) nula.

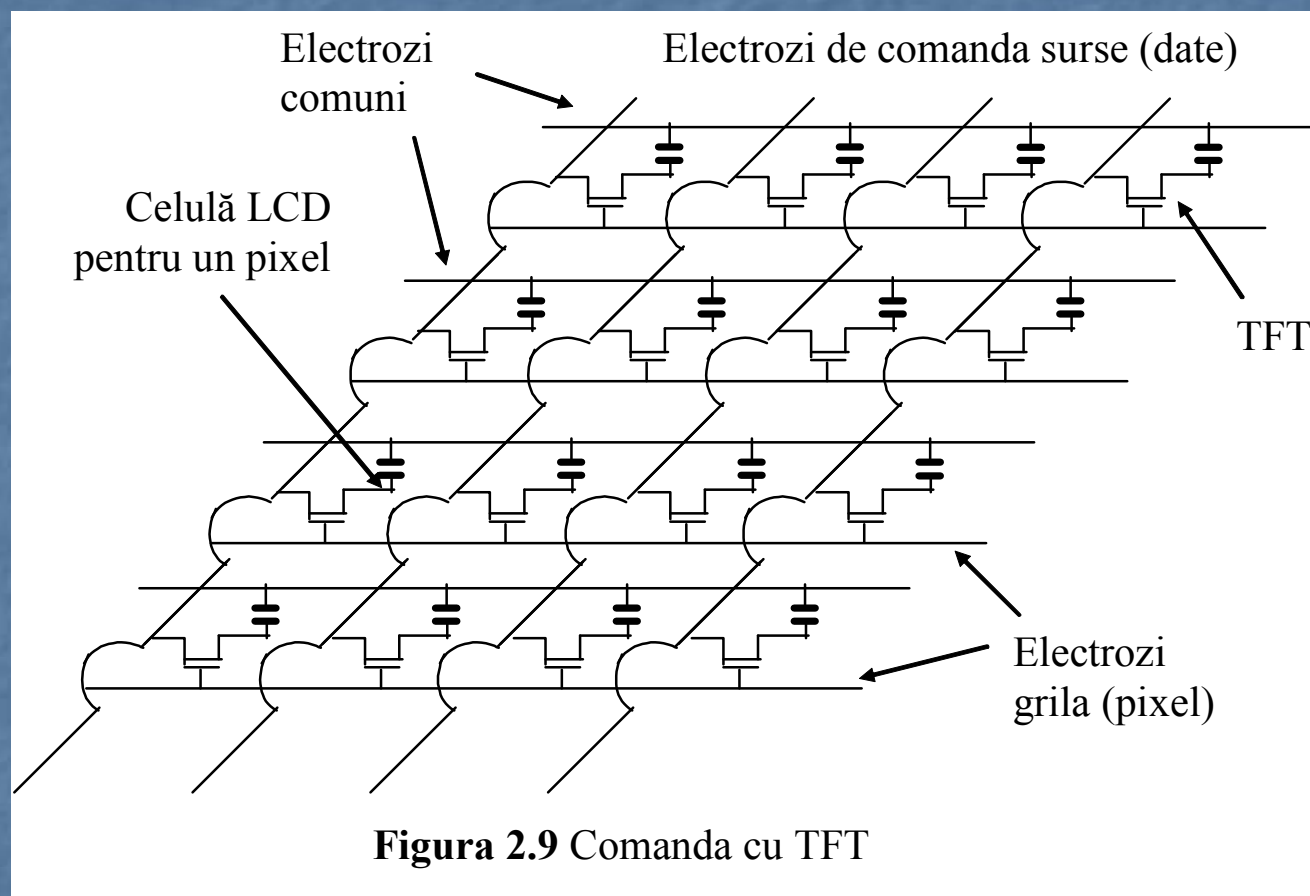
2.6 Comanda afişoarelor cu matrice activa

În conformitate cu modul de comandă matricial prezentat mai sus rezultă că fiecare celulă de cristal lichid este comandată în mod activ doar pe durata $1/(\text{nr. total de celule comandate})$ din timpul de afişare. Pentru că în restul perioadei de timp celula de cristal lichid se află într-o stare fără potențial de comandă, este necesară alegerea cristalelor lichide cu proprietăți de inerție ridicată, pentru a împiedica rotirea înapoi a cristalelor și distorsionarea astfel a imaginii afișate. Astfel de celule de cristal lichid nu pot fi însă comandate astfel încât orientarea lor să se modifice rapid în timp și de aici apare și dezavantajul principal al LCD-urilor cu matrice pasivă - timpul de răspuns foarte mare. Deși redus astăzi până la 100-150ms, acest timp rămâne totuși inacceptabil de ridicat pentru aplicațiile unde se prezintă imagini în mișcare.

Cazul clasic pentru matricea activă AM-LCD îl reprezintă comanda celulelor de cristal lichid prin intermediul unor dispozitive active numite TFT - Thin Film Transistor. În acest caz, fiecare celulă de cristal lichid este comandată cu ajutorul unui tranzistor realizat sub forma unei pelicule subțiri și aflat pe placa de sticlă din spatele dispozitivului de afisare. Grila și sursa tranzistorului sunt conectate la doi electrozi realizați din material transparent și aflați tot pe placa de sticlă posterioară, iar drena este conectată la electrozii comuni, aflați pe sticlă din față, comanda ce este transmisă prin intermediul celulelor de cristal lichid, așa cum este prezentat în figura 2.9. Comanda unui pixel poate fi menținută un anumit timp și după încetarea comenzii efective pe linia și coloana respectivă datorită menținerii tensiunii de comandă de către capacitatea echivalentă formată între electrodul comun și electrodul de pixel (figura 2.10). Această capacitate echivalentă are două componente:

- o capacitate formată între electrodul de pixel (legat la drena TFT-ului) și electrodul comun, dielectric fiind elementele de cristal lichid;
- o capacitate formată între electrodul de pixel și electrodul de grila, dielectric fiind materialul izolator.

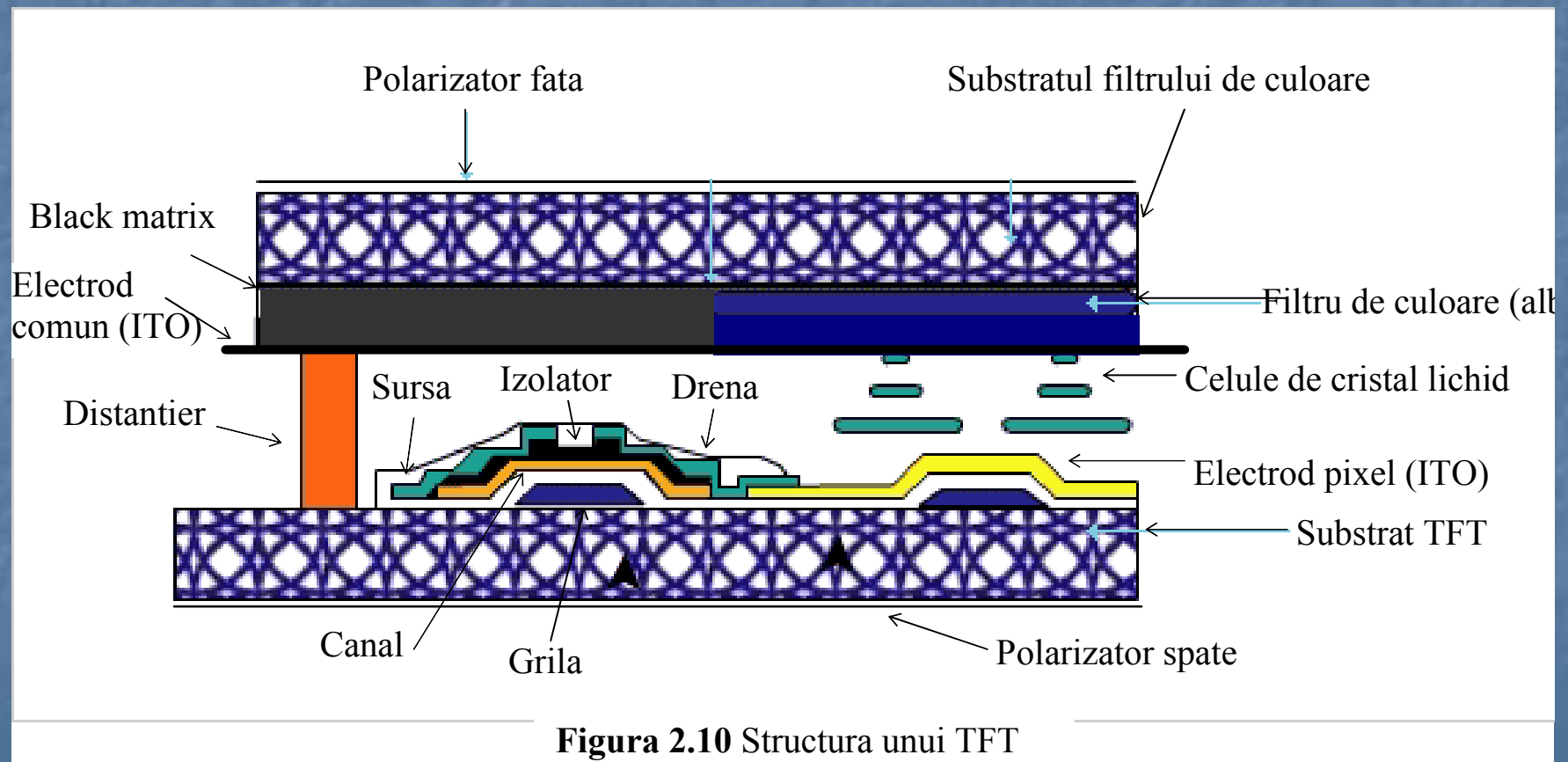
Folosind acest mod de comanda se pot utiliza cristale lichide rapide și se obțin timpi de răspuns sub 50 ms.



Daca se aplica un puls de tensiune pe grila tranzistorului, acesta se va deschide. Atat timp cat tranzistorul este deschis, condensatorul format de celula de cristal se incarca cu o anumita tensiune si apare un camp electric intre armaturi ce actioneaza asupra cristalelor lichide. Celulele se vor orienta astfel dupa campul electric si lumina va fi opturata. Functie de valoarea campului electric (adica a tensiunii aplicate pe grila de comanda) celulele de cristal lichid se vor roti mai mult sau mai putin lasand sa treaca mai multa sau mai putina lumina. Astfel se controleaza nivelul intensitatii culorii.

Comanda celulei este de foarte scurta durata, ca si in cazul matricii pasive, dar aceasta comanda se mentine mai mult timp datorita prezentei condensatorului echivalent care se descarca lent printr-un tranzistor blocat. Descarcarea acestui condensator cand se doreste ca celula sa nu mai fie comandata se face simplu prin aplicarea unei tensiuni de polaritate opusa pe electrodul comun. Si in acest caz trebuie sa se asigure o componenta continua a tensiunii de comanda de valoare nula pentru a nu afecta calitatea cristalelor lichide. Acest lucru se face prin alternarea polaritatilor tensiunilor de comanda aplicate pe electrodul comun si pe electrodul de pixel.

Structura si modul de constructie si amplasare a unui TFT este prezentat in figura 2.10.



Deși foarte avantajoase din punct de vedere al timpului de răspuns, utilizarea TFT-urilor înseamnă totuși amplasarea pe sticlă a câte unui tranzistor pentru fiecare sub-pixel de culoare. În cazul afisoarelor de mici dimensiuni acest lucru nu constituie o mare problema dar în cazul producerii de ecrane LCD de mari dimensiuni apar mari costuri datorită ratei de eșec a tehnologiei, rată inerent diferită de zero. Un display cu rezoluția XGA de exemplu, înseamnă un total de $1024 \times 3 \times 768 = 2.359.296$ tranzistoare și, teoretic, este suficient ca doar un TFT să fie defect pentru ca afisorul să nu fie perfect. În practică, pentru reducerea costurilor de fabricație se accepta un număr limitat de pixeli (TFT-uri) defecti, număr diferit pentru fiecare culoare fundamentală R, G, B (funcție de cât de „vizibilă” este culoarea pentru ochiul uman).

3. TOUCHSCREEN

Touchscreen-ul este un dispozitiv care permite utilizatorului sa controleze un program software de pe un PC sau alt echipament electronic dotat cu un dispozitiv de afisare.

In principiu, functia de baza a unui touchscreen este cea de a recunoaste o atingere a utilizatorului intr-o zona a dispozitivului de afisare peste care acesta este dispus.

Din acest punct de vedere touchscreen-ul se aseamana cu un mouse deoarece transmite sistemului de calcul informatii despre un punct/zona de interes de pe ecranul dispozitivului de afisare.

Un touchscreen este format din 3 componente principale: un senzor sensibil la atingere, un controler si un driver software.

Senzorul este realizat dintr-o serie de mai multe straturi de material, de compozitii diferite, mai mult sau mai putin transparente si plasate pe intreaga suprafata a ecranului dispozitivului de afisare.

In general, prin aceasta structura de suprafata circula un semnal electric iar atingerea suprafetei este sesizata datorita modificarii valorii respectivului semnal. Sensibilitatea touchscreen-ului este data de dimensiunea zonei in care o atingere produce o aceeaasi comanda.

Controlerul are rolul de a transla informatiile primite de la senzor in informatii numerice ce pot fi intelese de catre echipamentul electronic de comanda al afisorului sau de catre PC.

Driverul software permite ca touchscreen-ul si PC sau echipamentul electronic sa lucreze impreuna, adica face ca o comanda transmisa de utilizator prin atingerea unei zone a touchscreen-ului sa fie transformata in semnal numeric si sa conduca la executia unei comenzi de catre unitatea de calcul.

Funcție de tehnologia folosită,
touchscreen-urile se clasifică după
cum urmează:

- - Touchscreen-uri rezistive;
- - Touchscreen-uri capacitive;
- - Touchscreen-uri cu undă de suprafață.
- - Touchscreen-uri cu comandă în infraroșu

3.1 Touchscreen-uri rezistive

a) Touchscreen-uri rezistive cu 4 fire

Acest tip de touchscreen este format dintr-un strat flexibil care este atins de degetul operatorului sau de catre un alt obiect si un strat rigid dispus pe sticla dispozitivului de afisare. Cele doua straturi au un grad relativ ridicat de transparenta si sunt separate intre ele de separatori sub forma de mici sfere, realizate tot din material transparent.

Un exemplu de touchscreen rezistiv cu patru fire este prezentat in figura 3.1.

Stratul flexibil are o anumita rezistenta electrica si este acoperit pe partea inferioara cu un strat conductiv care ajuta la stabilirea ferma a contactului. Acelasi rol il are si acoperirea metalica de pe stratul rigid aflat pe suportul de sticla.

Atunci cand apare o apasare, cele doua strate conductive ajung in contact si se poate stabili o valoare analogica a unei tensiuni de comanda care stabileste coordonatele x si y ale apasarii.

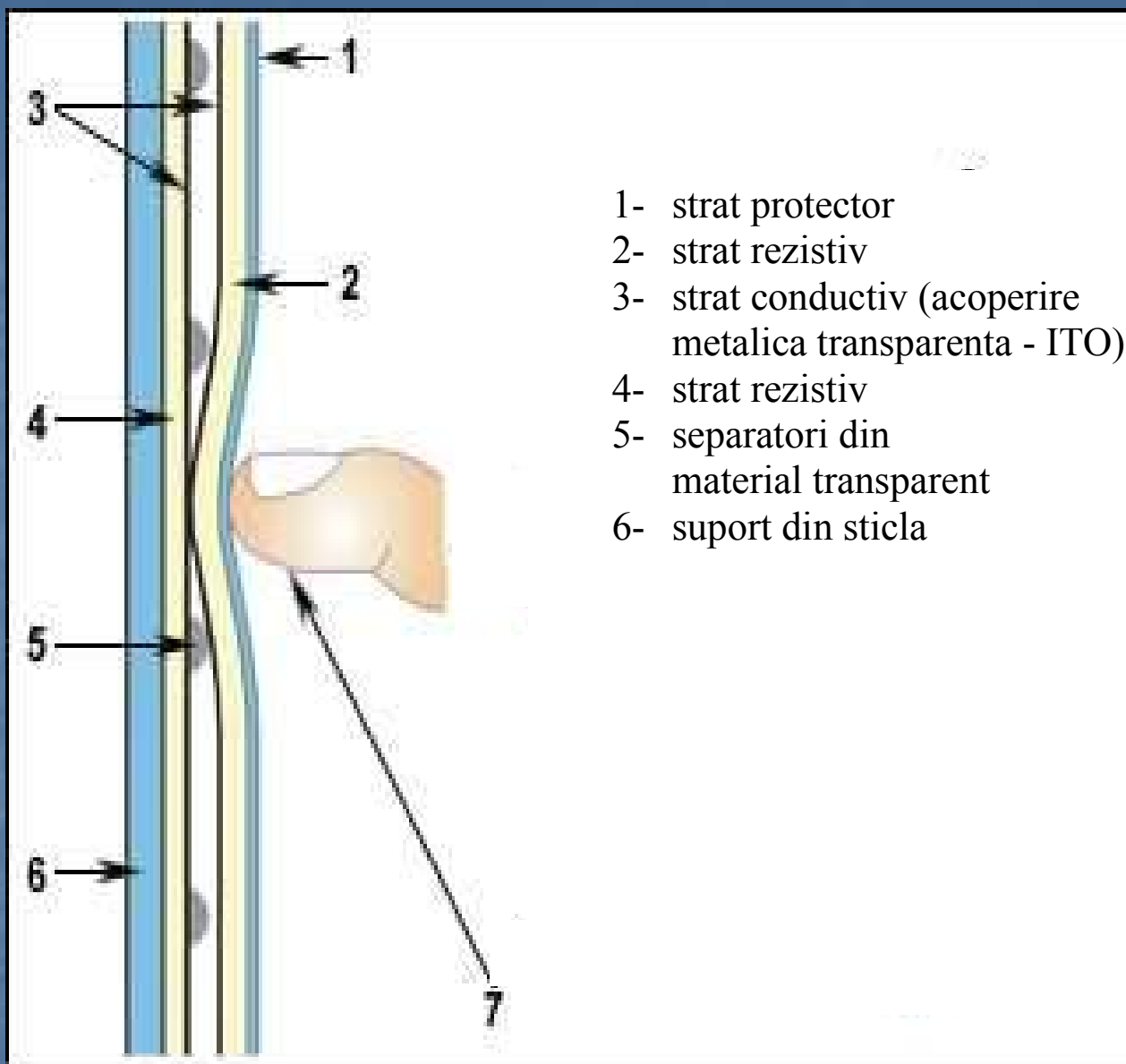


Figura 3.1 Touchscreen rezistiv

Pentru a afla coordonatele punctului unde a survenit o apasare, stratele rezistive se comanda ca in figura 3.2.

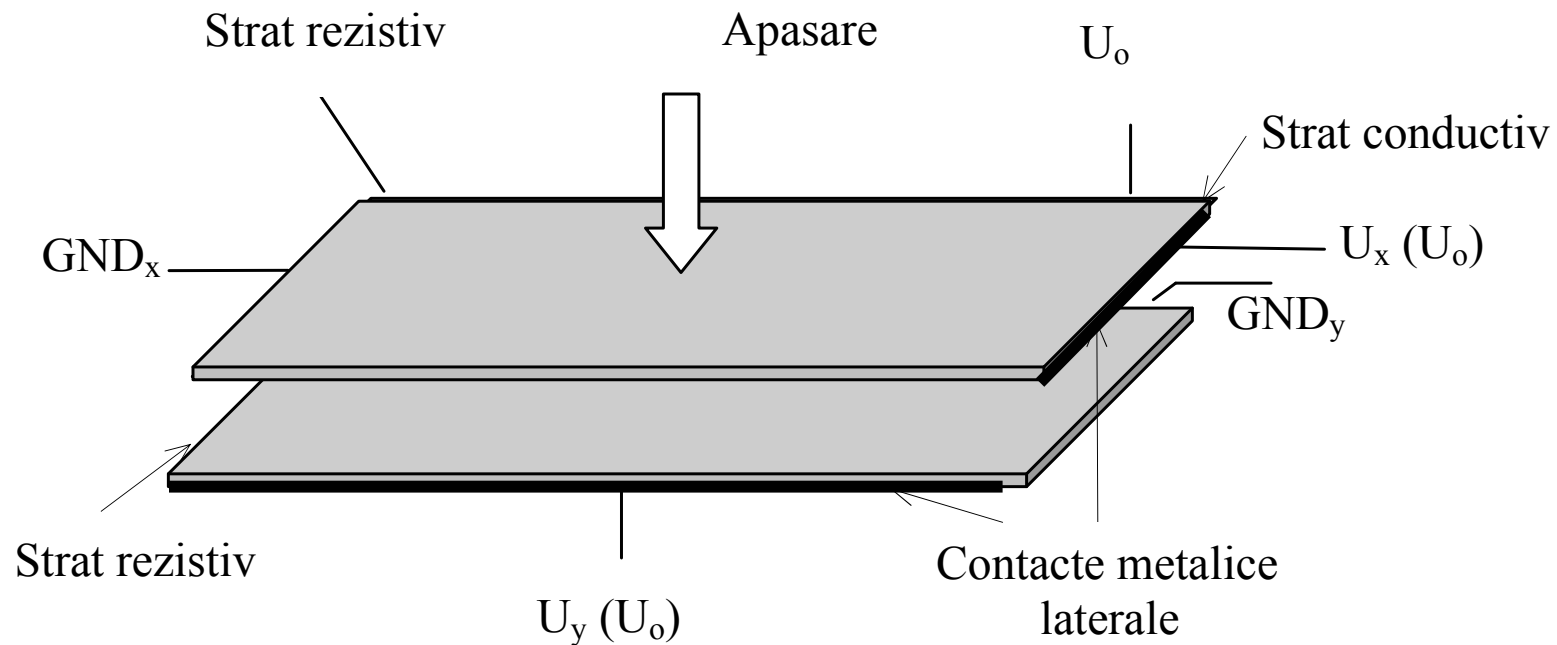


Figura 3.2 Comanda touchscreen-ului rezistiv cu 4 fire

Pentru determinarea pozitiei pe axa x , se aplica o tensiune $U_x = 5V$ pe latura scurta a stratului superior (GND pe latura opusa) si tensiunea de iesire este culeasa la terminalul $U_y(U_o)$ de pe celalalt strat rezistiv, inferior. Tensiunea de iesire U_o va fi nula daca nu exista apasare (inexistenta contactului) si o valoare intre $0V$ si $5V$ daca exista o apasare. Valoarea tensiunii este mai apropiata de $5V$ daca apasarea este mai apropiata de latura pe care s-a aplicat $+5V$ si mai apropiata de $0V$ daca apasarea este mai apropiata de latura conectata la masa. Controlerul touchscreen-ului asigura conversia analog-numeric (CAN) a valorii analogice a tensiunii de la iesirea $U_y(U_o)$ si astfel se determina prima coordonata a punctului apasat.

In acelasi mod se determina si coordonata corespunzatoare axei y : tensiunea de comanda este aplicata pe stratul rezistiv inferior, iar drept proba pentru culegerea tensiunii de iesire este folosit stratul superior $U_x(U_o)$. Acest tip de touchscreen foloseste deci 4 fire (doua pe stratul superior si doua pe stratul inferior).

Stratul superior este protejat la exterior (partea dinspre operatorul uman) cu un lac transparent pentru a evita zgarierea sa. Tehnologia cu 4 fire este ieftina dar prezinta si dezavantajul ca, in urma apasarilor repetate, distributia uniforma a tensiunii de comanda pe stratul superior nu se mai face uniform, odata cu cresterea duratei de exploatare.

Aceste tipuri de touchscreen-uri sunt durabile (TMBF ~ 1 milion de apasari), au o transparenta mai redusa ($\sim 75\%$) dar sunt si cele mai ieftine.

b) Touchscreen-uri rezistive cu 5 fire

Aceste touchscreen-uri sunt foarte asemănătoare ca structura cu cele cu 4 fire. Ceea ce diferă este modul de comandă și preluarea tensiunii rezultate. Stratul superior nu mai este unul rezistiv, ci unul complet conductor, de rezistență foarte mică. Comanda touchscreen-urilor cu 5 fire este prezentată în figura 3.3.

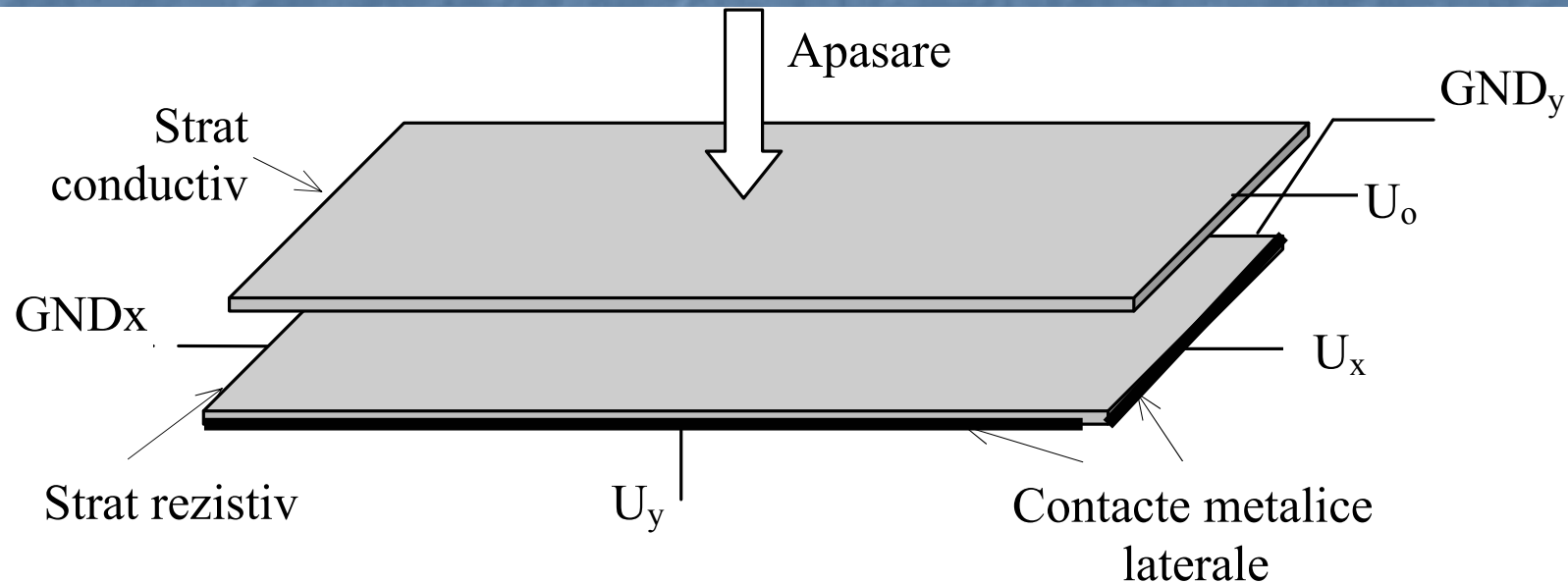


Figura 3.3 Comanda touchscreen-ului rezistiv cu 5 fire

In cazul touchscreen-urilor cu 5 fire, stratul inferior este folosit pentru determinarea ambelor coordonate x si y . Cele doua tensiuni de comanda U_x si, respectiv, U_y se aplica succesiv, pe cele doua laturi ale stratului inferior, liniile de masa (GND) fiind dispuse pe laturile opuse, respectiv, fara a fi scurtcircuitate intre ele. Astfel, pentru determinarea coordonatei x , se aplica o tensiune de comanda U_x intre latura mica si latura opusa, marcata GND $_x$ (laturile marcate U_y si GND $_y$ fiind neconectate). In momentul atingerii, stratul conductiv superior preia valoarea tensiunii proportionala cu pozitia punctului apasat pe axa x . Valoarea acestei tensiuni este convertita in semnal numeric de CAN-ul din controler. Apoi se aplica o tensiune U_y intre celelalte doua laturi si la aceeasi iesire U_o se obtine o tensiune proportionala cu pozitia pe axa y punctului apasat. Si aceasta tensiune este convertita ulterior in semnal numeric de catre microcontroler in vederea stabilirii valorii numerice a pozitiei pe axa y . Se poate astfel observa ca sunt necesare 5 fire de comanda pentru acest tip de touchscreen, 4 pe stratul inferior si un fir pe stratul superior.

Touchscreen-ul cu 5 fire este mult mai durabil deoarece stratul exterior poate fi realizat din material conductiv transparent mult mai putin sensibil la multiplele apasari (poate suporta pana la 35 milioane de apasari). Constructia este mai simpla si este mai putin sensibil la temperatura sau umiditate. Stratul rezistiv, a carui proprietati electrice trebuie pastrate mai mult timp este pozitionat la interior si este astfel mai bine protejat.

3.2 Touchscreen capacitiv

O prima varianta de touchscreen capacitiv, prezentat in figura 3.4, consta dintr-un suport de sticla ce este acoperit cu un strat conductiv, foarte subtire si aproape complet transparent pentru radiatia luminoasa.

Pe cele 4 laturi ale suportului (sau pe colturi) sunt prezenti cate un electrod de comanda care furnizeaza o tensiune ce se distribuie uniform pe suprafata acoperirii metalice transparente. In acest mod se creaza un camp electric uniform distribuit.

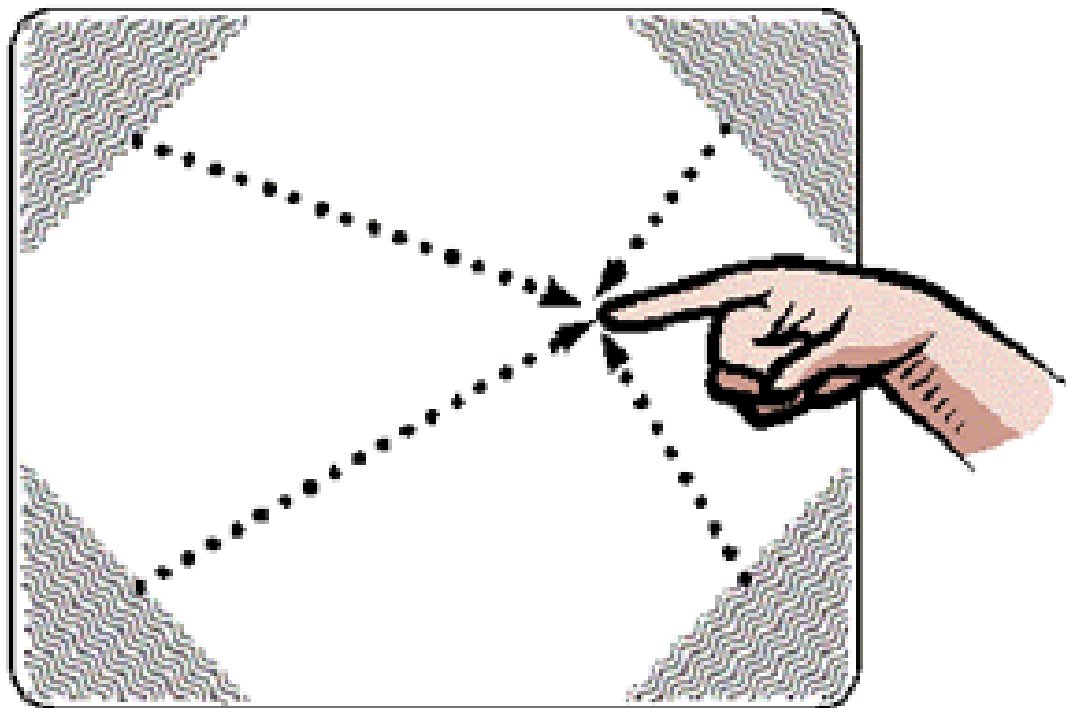


Figura 3.4 Touchscreen capacitiv

Acoperirea metalica transparenta formeaza in acest mod unul din cei doi electrozi ai unui imens capacitor. Suprafata acestui prim electrod este practic egala cu suprafata afisorului. Al doilea electrod al acestui imens condensator va fi format de degetul utilizatorului sau orice obiect conductiv care atinge ecranul. Atunci cand degetul sau obiectul conductiv atinge suprafata externa a touchscreen-ului apare o mica scurgere de sarcina electrica si apar patru curenti ce se inchid prin electrozii de comanda aflatii pe laturi (sau colturi). Acesti curenti sunt proportionali cu distanta de la electrodul respectiv la punctul de contact. Microcontrolerul touchscreen-ului culege valorile analogice a celor 4 curenti, le transforma in valori numerice si calculeaza apoi pozitia punctului atins pe suprafata ecranului functie de valorile intensitatilor acestor curenti.

Aceste tipuri de touchscreen-uri sunt durabile si prezinta o mare claritate, fiind utilizate intr-un domeniu larg de aplicatii: display-uri folosite in restaurante, posturi de comanda si control din mediul industrial, puncte de informare, etc.. Trebuie remarcat insa faptul ca obiectele neconductive nu vor putea niciodata activa un astfel de touchscreen.

O a doua varianta de touchscreen capacitiv utilizeaza un electrod sub forma de grila si este prezentata in figura 3.5. Coloanele si randurile grilei sunt dispuse intr-un acelasi plan sub forma unor ramificatii ce se intrepatrund, fara a fi in contact, creind o structura asemanatoare tastelor. Atunci cand degetul operatorului atinge touchscreen-ul, capacitatea dintre electrozii ce formeaza liniile si coloanele grilei se modifica datorita schimbarii dielectricului, fapt sesizat de microcontroler care determina astfel linia si coloana atinsa, adica coordonatele atingerii. Schema principiala de comanda a unui astfel de touchscreen este prezentata in figura 3.6.



Figura 3.5 Senzor capacitiv

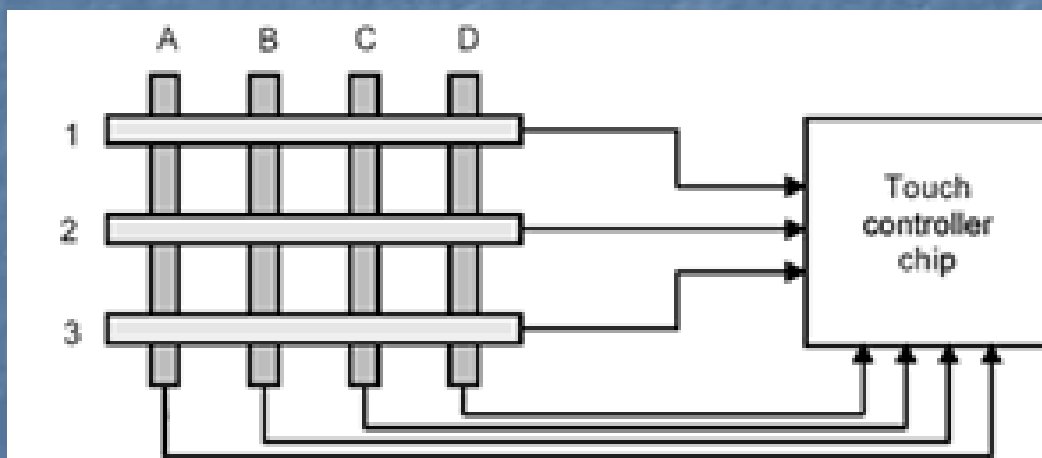


Figura 3.6 Comanda touchscreen-ului capacitiv de tip grila

3.3 Touchscreen cu unda de suprafata.

Acest tip de touchscreen se prezinta sub forma unui panel de sticla pe laturile caruia sunt dispusi o serie de reflectori iar in colturile sale sunt dispusi **transducerei piezoelectrice** ce transmit si receptioneaza semnale in domeniul ultrasonic (frecvente deasupra spectrului audio).

Un transducer transmitator primeste de la un controler specializat semnale electrice pe frecvente ridicate (uzual cele folosite in touchscreen-uri sunt semnale de ordinul 5MHz) si transmite semnale pe o frecventa mult mai joasa (ultrasonica). Unda ultrasonica este reflectata si transmisa pe intreaga suprafata a afisorului. Transducerul receptor face transformarea inversa, primind semnale pe frecvente joase si transmitand semnale pe frecvente inalte catre acelasi controler.

Schema de principiu a unui astfel de touchscreen este prezentata in figura 3.7

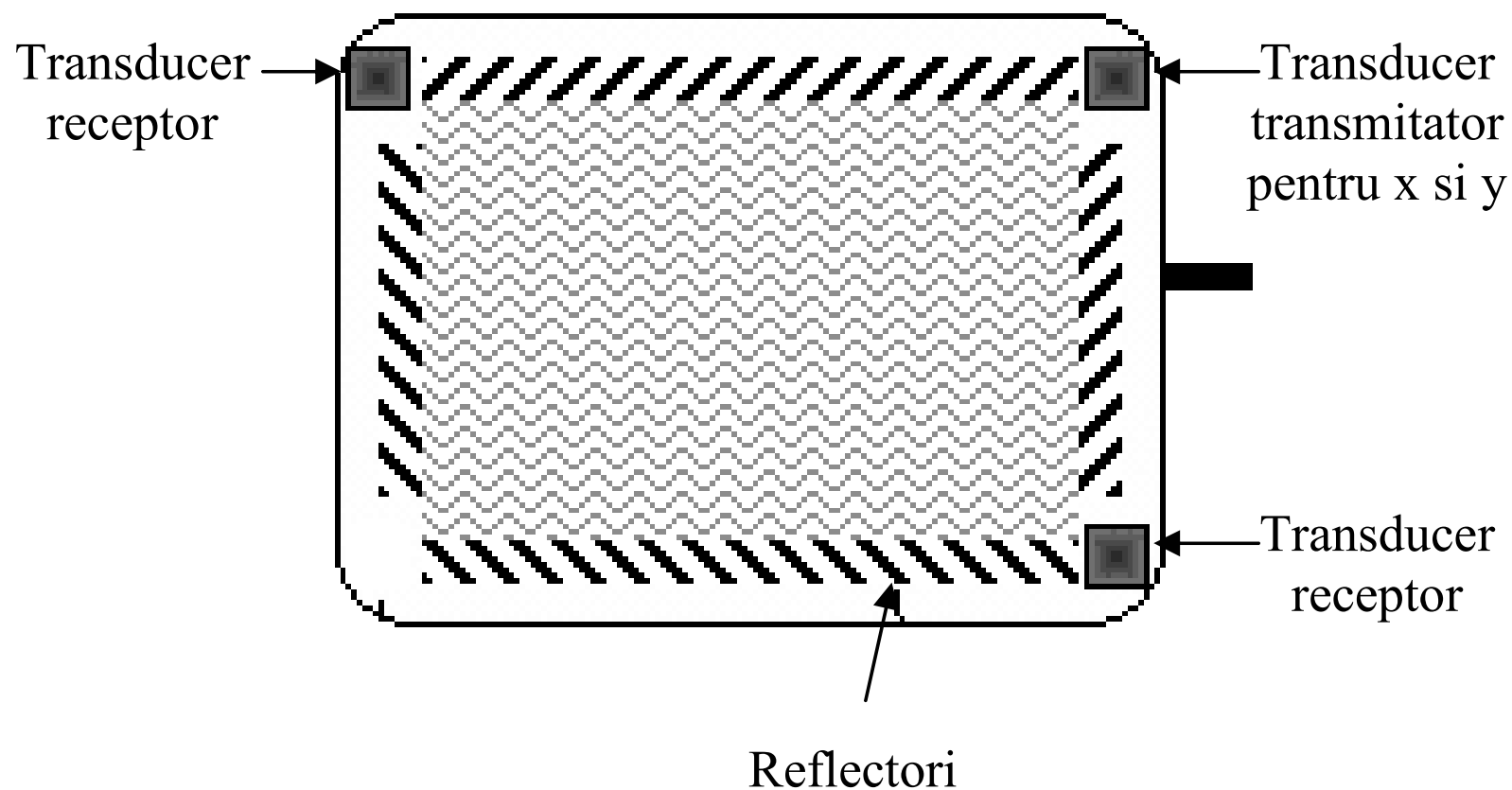


Figura 3.7 Principiul de functionare a touchscreen-ului cu unda de suprafata

FUNCTIONARE

Controlerul touchscreen-ului transmite un semnal electric pe frecventa de 5MHz catre transducerul transmitator aflat in coltul dreapta-sus. Acesta convertește acest semnal in unde ultrasonice ce se propaga prin panoul de sticla. Intr-un prim pas se transmit unde ultrasonice ce se propaga pe directia x si in al 2-lea pas se transmit unde ce se propaga pe directia y. In timpul propagarii undelor ultrasonice pe axa x, acestea intalnesc o serie de reflectori dispusi pe latura superioara, reflectori care reflecta aceste unde schimbându-le directia de propagare cu 90° . Astfel aceste unde ajung sa baleieze întreaga suprafata a touchscreen-ului, motiv pentru care sunt numite unde de suprafata. Dupa ce undele traverseaza suprafata display-ului, acestea ajung pe latura opusa unde o alta serie de reflectorii le directioneaza catre transducerii receptori, ce le convertesc in final intr-un semnal electric de inalta frecventa ce va transmis controlerului.

La fiecare receptor, undele de suprafata sosesc succesiv de la reflectorii dispusi de-a lungul unei laturi, mai repede de la cei mai apropiati si mai tarziu de la cei mai indepartati. Acest lucru conduce la o decalare temporara a undelor receptionate. Astfel un scurt tren de pulsuri ultrasonice generat de transmitator va ajunge la receptori reflectat multiplu si decalat in timp. Numarul de trenuri receptionate este egal cu cel al reflectorilor de pe latura respectiva iar intarzierea trenurilor depinde de distanta parcursa de undele ultrasonice pe suprafata touchscreen-ului. In lipsa unei atingeri se stabileste astfel o asa-numita succesiune prestabilita a sosirii trenurilor de unde ultrasonice reflectate la fiecare receptor.

In cazul in care se atinge ecranul touchscreen-ului, degetul absoarbe o parte din undele de suprafata, scazand astfel nivelul undelor receptionate de catre cei doi transducerei receptori in dreptul acelor reflectori care corespund pozitiei pe verticala si pe orizontala a punctului atins. Controlerul compara noul set de semnale receptionate cu cel memorat pentru cazul cand nu este nici o atingere, constata pozitia trenului de unde atenuat in succesiunea de trenuri receptionate si stabileste astfel coordonatele punctului atins.

Deoarece panelul touchscreen-ului cu unde de suprafata este in intregime din sticla si a faptului ca nu exista straturi cu diferite depuneri rezistive sau conductive, aceasta tehnologie furnizeaza cele mai durabile si mai clare touchscreen-uri.

Touchscreen-ului cu unde de suprafata sunt adesea utilizate in puncte de informare a populatiei, in sisteme de invatare bazate pe utilizarea calculatorului sau in diverse incinte cu trafic intens (aeroporturi, gari, supermarket-uri, etc.)

3.4 Touchscreen cu comanda in infrarosu

Principiul de functionare a touchscreen-urilor cu comanda in infrarosu (IR) este foarte asemanator cu cel al touchscreen-urilor cu unde de suprafata. In acest caz insa, pe cele doua laturi exista transmitatori de semnal IR iar pe laturile opuse exista dispusi receptori IR corespunzatori. Toti transmitatorii de pe axa x transmit bine directionat si simultan semnale spre receptorii dispusi pe latura opusa dar succesiv cu cei de pe axa y, pentru a nu exista interferente intre semnalele ce traverseaza suprafata display-ului. Comutarea se face cu o frecventa suficient de mare astfel incat orice atingere sa fie detectata.

Daca un deget atinge suprafata, se va intrerupe raza IR pe directia unuia dintre transmitatoarele de pe axa x, lipsa semnalului la receptorul corespunzator fiind detectata de microcontroler care stabileste coordonata x a punctului atins. Imediat se comuta transmiterea semnalelor IR pe transmitatorii corespunzatori axei y iar lipsa semnalului receptionat la receptorul corespunzator coloanei punctului atins va fi detectata de controler, care va stabili astfel si coordonata y a punctului.

4. POLYMER LIGHT EMITTING DIODES -PLED

Una dintre cele mai spectaculoase dezvoltari in industria dispozitivelor si echipamentelor de afisare a fost initiata de descoperirea realizata in 1985 la Cambridge University (Cavendish Laboratory) a dispozitivelor de afisare PLED – diode electroluminiscente bazate pe polimeri.

Primul PLED a constatat dintr-un material polimer PPV (polyphenylene vinylene - PPV), care, intr-o structura de sandwich ce cuprinde doi electrozi polarizati a emis lumina de culoare galben-verde. Eficienta scazuta a emisiei a fost imbunatatita in timp. Mai mult, in scurt timp s-au descoperit noi materiale polimerizate care sa aiba aceste proprietati, astfel incat astazi se poate emite radiatie pe acest principiu in aproape tot spectrul vizibil.

Principalul avantaj al PLED-urilor comparativ cu LCD: emite lumina.

Dintre alte avantaje pot fi enumerate:

- un afisor cu PLED este obtinut prin depunerea unui material de tip polimer pe un suport de plastic sau sticla si nu implica astfel alte elemente aditionale cum ar fi surse de lumina, filtre sau polarizatoare;
- utilizand tehnologia PLED se pot crea display-uri extrem de subtiri, ce pot opera la tensiuni scazute, fiind astfel mici consumatoare de energie;
- afisoarele PLED pot fi modelate pe aproape orice suprafete, fiind flexibile (in timp ce afisoarele LCD-urile sunt plane);
- unghiul de vizualizare este foarte apropiat de 180° ;
- timpul de raspuns este foarte scazut, chiar si la temperaturi scazute, ceea ce le face potrivite pentru afisari dinamice, in spatiu deschis, chiar si in conditii de iarna;
- in cele mai multe aplicatii, timpul de viata (timpul dupa care luminanta scade la jumatate din cea initiala) poate depasi 10.000 ore;
- constructia/producerea este simpla, cu costuri scazute.

Structura unui PLED este prezentata in figura 4.1 si consta din:

- un electrod transparent (K - catod) realizat de obicei din ITO (Indiu – Cositor – Oxide);
- un strat de polimer cu o grosime de maxim 100nm.
- un electrod metalic (A - anod).

Principiul de functionare

- un film polimeric este dispus ca un sandwich intre doi electrozi metalici (A si K);
- intreaga structura se monteaza pe un suport transparent (sticla sau plastic);
- o sarcina electrica este injectata de catre cei doi electrozi (intuitiv - electronii de la catod si golurile de la anod);
- in polimer, golurile si electronii se recombină datorita interactiunii electrostatice;
- in timpul recombinării se degaja energie sub forma de radiatie luminoasa a carei frecventa (culoare) depinde de distanta energetica dintre banda de conductie si cea de valenta, specifica materialului (polimerului) utilizat.

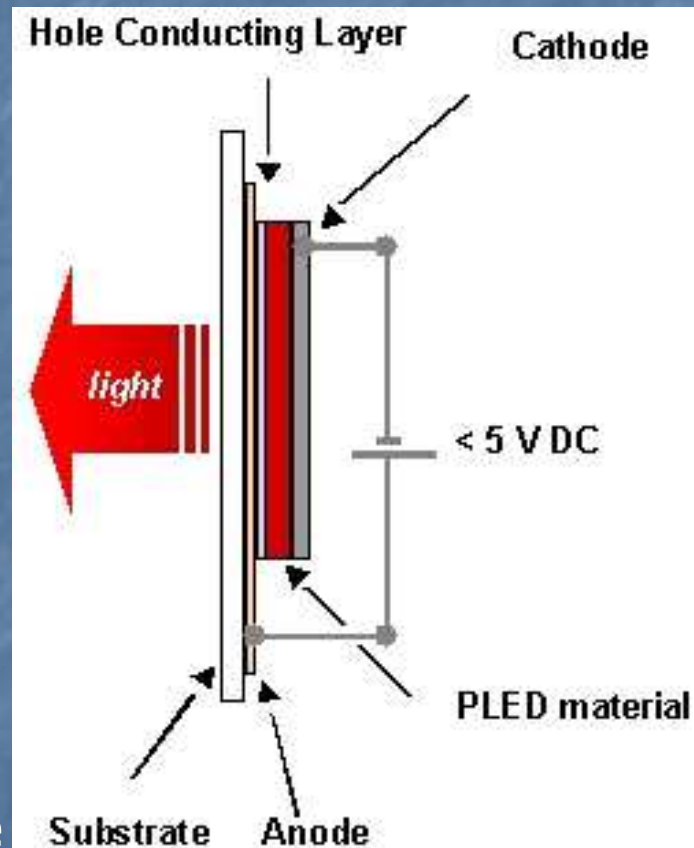


Figura 4.1 Structura PLED

Organic led (OLED)

Dioda OLED (organic light-emitting diode) este un caz particular al afisorului de tip PLED, a fost descoperită în 1985 și reprezintă un tip de PLED în care materialul ce furnizează lumina este un material organic (în cazul cel mai general - molecule pe bază de carbon).

În principiu, structura unei celule OLED, prezentata in figura 4.2 este tot de tip sandwich: un strat subțire de material organic aflat între un anod conductor transparent și un catod metalic transparent. Stratul de material organic este la rândul lui format din:

- un strat ce generează electroni (electrono-emisiv);
- un strat conductor (pentru transport) electroni;
- un strat conductor (pentru transport) goluri;
- un strat ce generează goluri

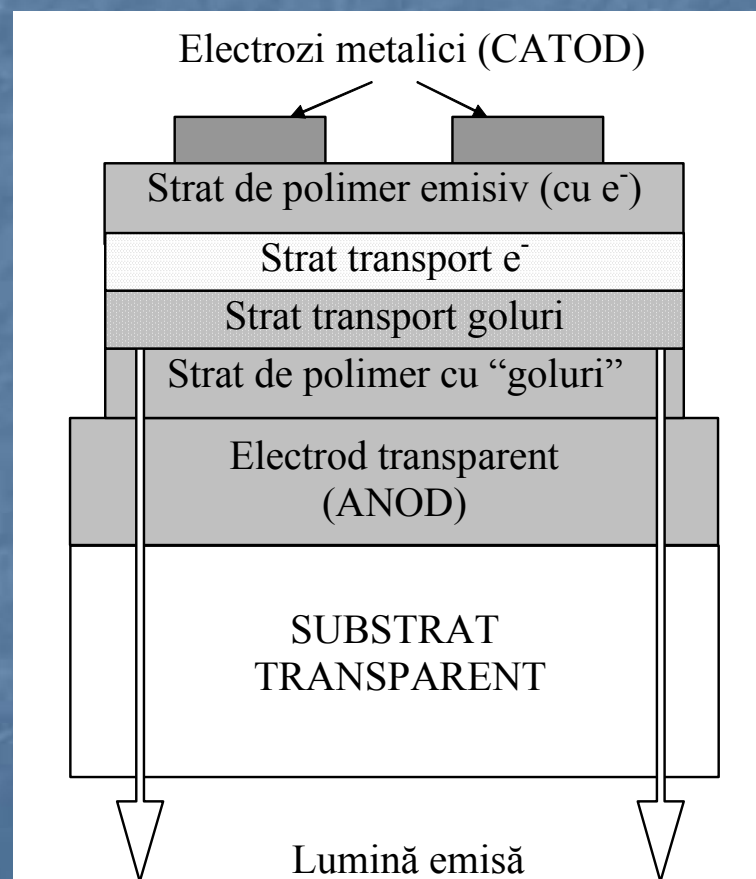


Figura 4.2 Structura unei celule OLED

Când unei structuri cum este cea din figura 4.2 i se aplică o diferență de potențial, electronii și golurile se deplasează similar ca în tranzistoare, recombinaându-se. În urma recombinației se emite lumină (dupa aceleasi conditii ca si la PLED sau LED). Culoarea este dată de diferența de energie dintre nivele energetice ale electronului înainte și după recombinație. Cu cât este mai mare această diferență cu atât radiația emisă se apropie de culoarea albastră și se depărtează de cea roșie.

Comanda diferenței de potențial aplicată electrozilor se face similar ca la monitoarele LCD, fie cu matrice pasivă fie cu matrice activă (folosind tranzistoare care mențin comanda).

Spre deosebire de monitoarele LCD, afișarea cu OLED-uri nu mai prezintă inconvenientul unui unghi de vizionare redus și consumă mult mai puțină energie. De asemenea, defectele sunt mult mai puțin remarcabile, un pixel defect fiind de culoare neagră (mai puțin observabilă decât culoarea alba, verde sau roșie – cazurile frecvente ale defectelor ecranelor LCD).

Există mai multe materiale organice ce sunt folosite în construcția acestor display-uri. Clasificarea afisoarelor OLED se face funcție de caracteristicile acestor materiale, în special funcție de mărimea moleculei materialului organic folosit.

Din punctul de vedere al producerii display-urilor cu celule PLED sau OLED trebuie remarcat faptul că circuitele de comandă nu sunt mai complexe decât cele folosite la display-urile LCD. Polimerii folosiți se pot depune pe plastic, nemaifiind nevoie de două straturi de sticlă (anterior și posterior ca la monitoarele LCD). Modul de depunere este foarte simplu și foarte asemănător cu modul în care imprimanta cu cerneală depune picăturile de cerneala pe hârtie. Astfel se depun "picături" de material organic (polimer) de aproximativ 30 μm , dimensiune suficientă pentru obținerea unor rezoluții foarte bune.

5. OPTOCUPLOARE

Optocuplorul, cunoscut si sub denumirea de optoizolator, este un sistem optoelectronic simplu, la care semnalul de iesire urmareste dupa o lege liniara semnalul de intrare, fara ca intre circuitul de intrare si cel de iesire sa existe o legatura galvanica.

Optocuplorul este singurul dispozitiv optoelectronic a carui functionare nu este influentata de proprietatile optice ale mediului inconjurator. Parametrii sai depind in principal de curentul de intrare si de temperatura de lucru. Optocuploarele sunt utilizate in special in circuite care necesita o buna izolare galvanica, in circuite de comanda a comutatiei diferitelor echipamente electronice sau in translatoare de nivel de curent continuu.

Schema de principiu a unui optocuplor este prezentata in figura 5.1

Optocuplorul este format din doua parti distincte:

- o sursa de radiatii (dioda semiconductoare de tip GaAs);
- un receptor (dioda rapida, fototranzistor, fototranzistori in configuratie Darlington, fototranzistor cu efect de camp, fotorezistenta, fototiristor).

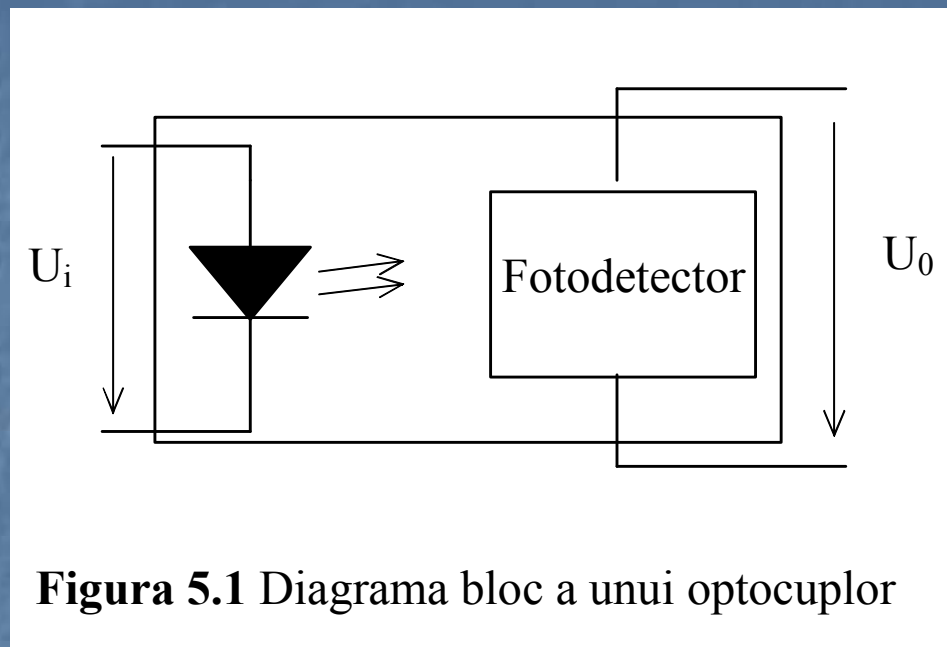


Figura 5.1 Diagrama bloc a unui optocuplor

In cele mai multe cazuri, radiatia emisa de dioda este in domeniul infrarosu. Functionarea optocuplorului se bazeaza pe faptul ca energia radiata de dioda emisiva excita fotodetectorul, transmitand astfel informatia de la intrarea circuitului catre iesirea acestuia, fara a exista deci o legatura galvanica intre cele doua parti distincte ale optocuplorului. De aici apare si principalul avantaj al unui astfel de circuit: izolarea galvanica intre circuitul de intrare si cel de iesire.

Un circuit simplu de polarizare a unui optocuplor este prezentat in figura 5.2.

Exista insa si scheme mai complexe, ce folosesc o reactie pozitiva sau/si negativa intre circuitul de iesire si cel de intrare. Astfel de reactii sunt folosite in circuite cu optocuploare utilizate pentru transmiterea unor semnale analogice. Reactia este necesara pentru a liniariza caracteristica de transfer iar pentru pastrarea izolarii galvanice intre circuitul de iesire si cel de intrare se utilizeaza pe calea de reactie tot optocuploare sau, mai simplu, fotodiode si fototranzistoare discrete.

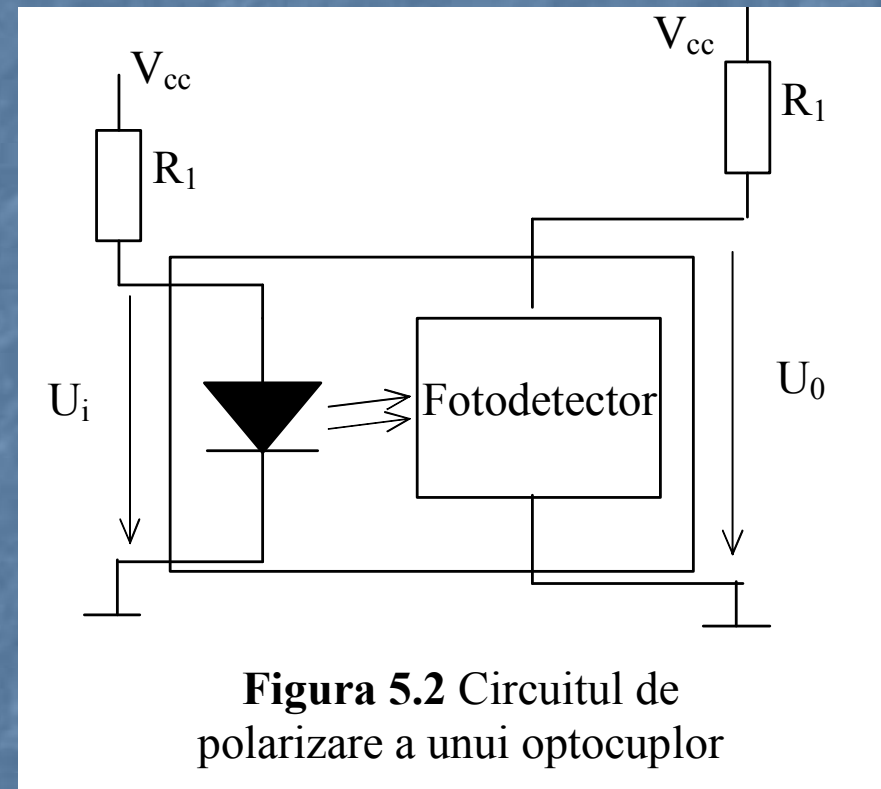


Figura 5.2 Circuitul de polarizare a unui optocuplor

O schema cu optocuplor ce utilizează o reacție negativă pentru liniarizarea caracteristicii de transfer este prezentată în figura 5.3. Fotodetectoarele PD1 și PD2 sunt ambele opto-cuplate cu dioda fotoemisivă notată LED și încapsulate în aceeași capsulă. A1 și A2 sunt amplificatoare operaționale. Se observă că semnalul de intrare aplicat pe intrarea inversoare a lui A1 este transmis optoelectronic, prin intermediul LED-ului atât în circuitul de ieșire (realizat în jurul lui A2 cu PD2 folosit ca receptor) cât și în circuitul de intrare (realizând astfel reacția, receptor fiind PD1). Se observă că ambele căi de transmitere a semnalului sunt optoizolate.

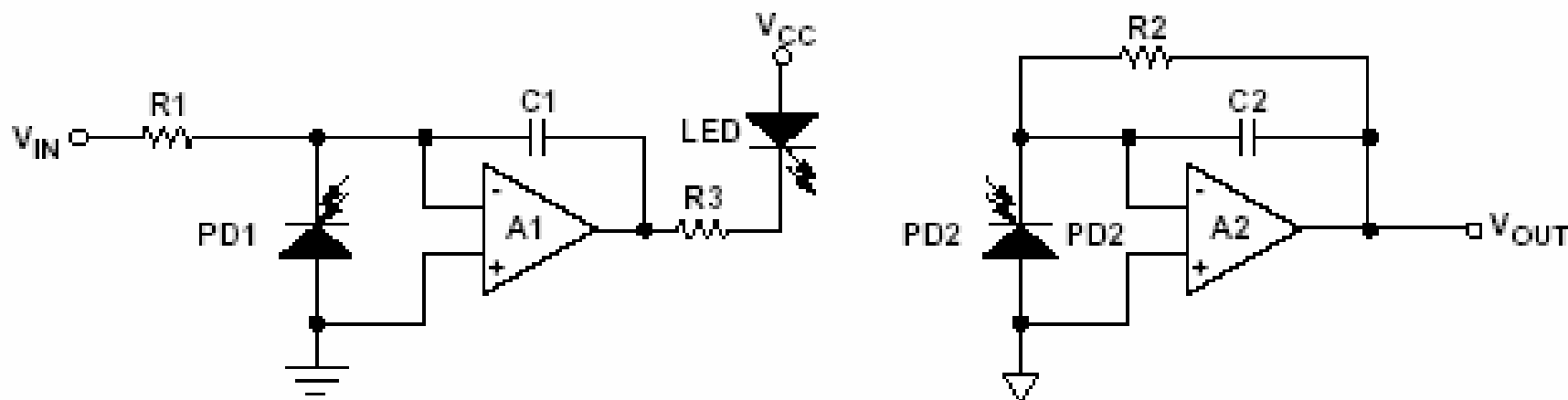


Figura 5.3 Circuitul practic de izolare pentru transmiterea semnalelor analogice

Un alt tip de optocuplor, destul de popular, reprezinta o combinatie intre o dioda emitatoare si un fototriac. Schema bloc este prezentata in figura 5.4.

Fototriacul folosit in aceasta schema functioneaza similar ca si triacul realizat sub forma de componenta discreta, cu deosebirea ca este activat de radiatia IR si nu de un curent.

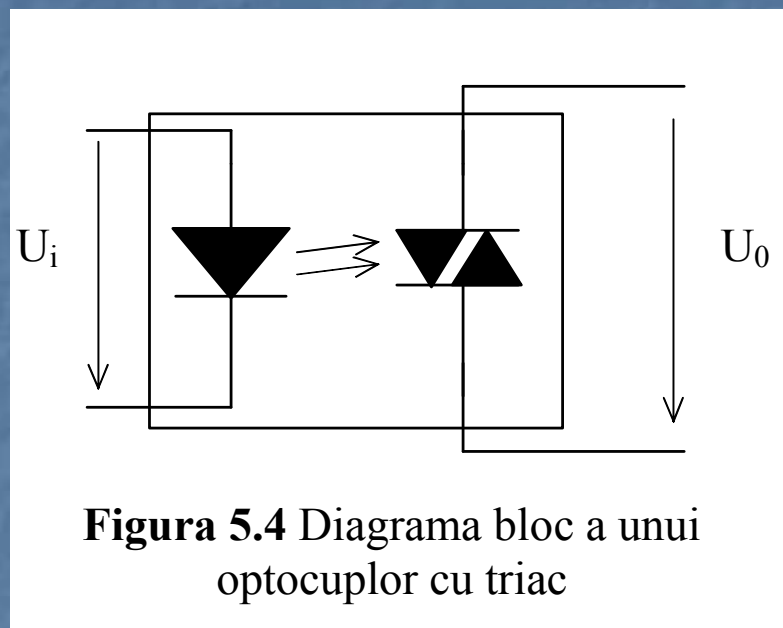


Figura 5.4 Diagrama bloc a unui optocuplor cu triac

Acest tip de optocuplor este adesea intalnit in aplicatii industriale ce privesc controlul motoarelor, a echipamentelor de iluminat sau a celor de incalzire, deoarece permite controlul de la mare distanta, folosind tensiuni de comanda de valori foarte mici. Avantajul principal consta in faptul ca liniile de comanda (ce conduc semnale mici) sunt bine izolate de cele prin care circula tensiunea alternativa de putere (220V sau 380V) in circuitul comandat.