

1. Introducere

Sisteme de I/E

Sistem de I/E (SIE): efectueaza transferul informatiilor intre memoria principala si mediul exterior al sistemului de calcul

Suporturile externe de informatii

Alte sisteme de calcul

Performanta sistemului de calcul depinde de relatia dintre: procesor si memorie, procesor si echipamentele de I/E.

Performanta SIE influenteaza in mod semnificativ performanta globala a sistemului de calcul.

Ignorarea SIE conduce la scaderea performantei globale a sistemului

Timpul de acces si rata de transfer a echipamentelor de I/E: influenteaza performanta globala a sistemului

Timpul de executie al UCP nu include timpul de asteptare pentru operatii de I/E

nu include timpul in care se executa alte programe. (Ignora operatiile de I/E)

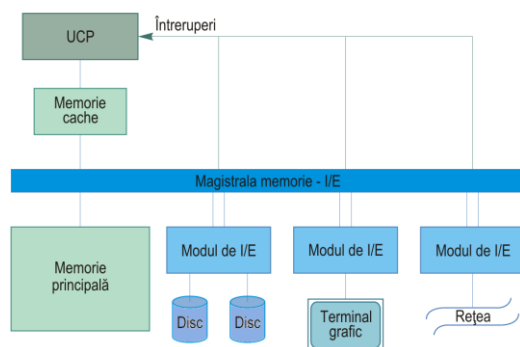
poate fi divizat in timpul UCP al utilizatorului si timpul UCP al sistemului

Timpul de raspuns: un indicator mai potrivit al performantei.

timpul necesar terminarii unui task

include accesul la memorie, operatiile de I/E si operatiile executate de sistemul de operare

Structura unui sistem de I/E



Echipamentele periferice nu se conectează direct la magistrala, deoarece:

- exista o mare varietate de periferice, cu principii de functionare diferite
- rata de transfer a perifericelor poate fi mult mai redusa decat cea a memoriei si a UCP
- perifericele utilizeaza formate diferite ale datelor si cuvinte de lungimi diferite data de UCP

Echipamentele periferice se conectează la magistrala sistemului prin intermediul modulelor de I/E.

Module de I/E

Un modul de I/E (controler de I/E) efectueaza:

- controlul echipamentelor externe
- transferul datelor intre aceste echipamente si memoria principala si/sau registrele UCP

Funcțiile si cerințele principale ale unui modul de I/E:

- control si sincronizare: in orice perioada de timp, UCP poate comunica cu unul sau mai multe echipamente externe
resursele interne trebuie partajate intre mai multe activitati
functie pentru coordonarea fluxului de date intre resursele interne si echipamentele externe
- comunicatia cu UCP: cuprinde: Decodificarea comenzilor
Transferul datelor intre UCP si modulul de I/E pe magistrala de date
Raportarea starii
Recunoasterea adreselor perifericelor
- comunicatia cu echipamentele externe: se realizeaza prin semnale de control, de stare si de date
- memorarea datelor: pentru cele mai multe periferice, rata de transfer este redusa comparativ cu cea intre memorie si UCP.
Datele transferate de la mem principala sunt memorate de modulul de I/E si sunt transmise la periferic cu rata acestuia
- detectia erorilor: Erorile trebuie raportate catre UCP
Modificarea accidentala a datelor transmise de periferic la modulul de I/E
Coduri detectoare si corectoare de erori: Bit de paritate
Coduri CRC (Cyclic Redundancy Check)
Coduri ECC (Error Correcting Code)

2. Metode pentru operatii de I/E

I/E programate

Principiul I/E programate

Principiul I/E: Datele sunt transferate intre UCP si modulul de I/E sub controlul direct al UCP

- fiecare operatie de transfer necesita executia unei secvente de instructiuni de catre UCP
- transferul se realizeaza intre un registru al UCP si un registru al dispozitivului de I/E
- dispozitivul de I/E nu are acces direct la memoria principala

Executia unei operatii de I/E: UCP transmite o comanda modulului de I/E

Modulul de I/E executa actiunea respectiva si seteaza bitii corespunzatori in registrului de stare
UCP trebuie sa testeze periodic starea modulului de I/E pentru a detecta terminarea operatiei

Adresarea dispozitivelor de I/E

UCP, memoria si dispozitivele de I/E comunica prin magistrala sistem

Dispozitivul de I/E este conectat la magistrala printr-un *port de I/E* -> registru adresabil

Atunci cand UCP, memoria principala si sistemul de I/E partajeaza aceeasi magistrala, sunt disponibile 2 tehnici de adresare:

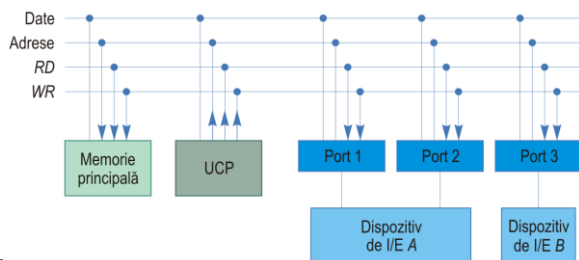
Adresare cu mapare in memorie:

Registrele modulelor de I/E sunt tratate ca locatii de memorie

Exista un singur spatiu de adrese pentru locatiile de memorie si dispozitivele de I/E

UCP trateaza registrele de stare si de date ale modulelor de I/E ca locatii de memorie:

- se utilizeaza aceleasi instructiuni pentru accesul la memorie si la dispozitivele de I/E
- nu sunt necesare instructiuni speciale de I/E (instructiuni de incarcare si memorare)



-liniile de control RD si WR se utilizeaza pentru a initia fie un ciclu de acces la memorie, fie un transfer de I/E

Adresare izolata:

Registrele modulelor de I/E au adrese intr-un spatiu de adrese separat de cel al memoriei

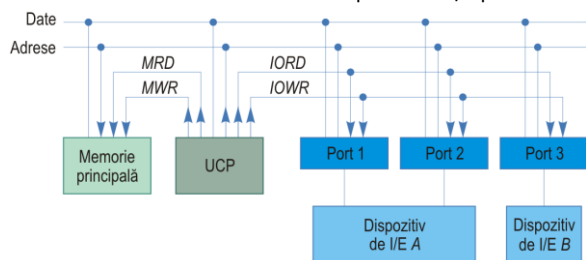
Spatiu adreselor de I/E este separat de cel al memoriei

Magistrala trebuie sa contina: linii de citire si de scriere pentru memorie

linii de comanda pentru intrare si iesire

O instructiune cu referire la memorie activeaza linia de control MRD sau MWR

UCP trebuie sa execute instructiuni separate de I/E pentru a activa liniile IORD si IOWR



Instructiuni de I/E

I/E programate pot fi implementate prin cel puțin două instructiuni de I/E: IN, OUT

Pentru a preveni pierderea informatiilor sau un timp de executie nedefinit, UCP trebuie sa testeze starea dispozitivului de I/E

Pentru executia unei instructiuni de I/E, UCP transmite: o adresa: modulul de I/E si dispozitivul periferic
o comanda de I/E

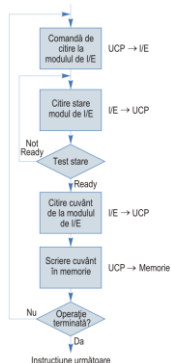
Tipuri de comenzi de I/E:

Control: pentru activarea unui periferic si specificarea operatiei de executat

Test: pentru testarea conditiilor de stare asociate cu un modul de I/E si perifericele acestuia

Citire: pentru obtinerea unui octet sau cuvant de la periferic

ex: citirea unui bloc de date de la un periferic in memorie



Adresare cu mapare in memorie:

512 locatii de memorie (0x000 – 0x1FF)

512 adrese de I/E (0x200 – 0x3FF)

Citirea unui octet de la tastatura:

```
LD  AD, 0x01
ST   0x301, AC ;start citire tastatura
WAIT LD  AC, 0x301 ;citire octet de stare
      AND AC, 0x80 ;izolare bit 7
      BZ  WAIT    ;asteptare octet
```

Adresare izolata:

Citirea unui octet de la tastatura:

```
LD  AC, 0x01
OUT 0x301, AC ;start citire tastatura
WAIT IN  AC, 0x301 ;citire octet de stare
      AND AC, 0x80 ;izolare bit 7
      BZ  WAIT    ;asteptare octet
IN   AC, 0x300 ;citire octet de date
```

Scriere: pentru transmiterea unui octet sau cuvânt periferic

Dezavantaje ale I/E programate

Performanța sistemului este redusă în mod semnificativ, deoarece:

- UCP trebuie să aștepte până când perifericul devine disponibil, iar apoi să execute transferul printr-o secvență de program
- rata de transfer este limitată de viteză cu care UCP poate testa și deservi dispozitivele de I/E

I/E prin întreruperi

Principiul I/E prin întreruperi

Întreruperea – suspendarea execuției unui program de către un semnal extern UCP sau de către un eveniment intern

Suspendarea programului se produce la terminarea execuției instrucțiunii curente

UCP este eliberat de sarcină de a testa starea dispozitivelor de I/E

Sursele de întreruperi pot fi externe sau interne UCP

Exemple de surse de întrerupere: Echipamente periferice → transferuri

Memoria virtuală → transferul unor pagini

Circuite hardware de supraveghere a funcționării normale a sistemului

Evenimente software interne: depășiri, împărțiri la zero, instrucțiuni inexistente

Pentru întreruperea UCP se activează un semnal de control IREQ(Interrupt Request)

La recunoașterea cererii de întrerupere, UCP: activează un semnal de achitare a întreruperii IACK

execută o subrutină de tratare a întreruperii, asociată sursei de întrerupere

Pentru transferul controlului la subrutina de tratare a întreruperii:

- UCP identifică sursa întreruperii
- UCP determină adresa subrutinei de tratare corespunzătoare sursei întreruperii
- UCP salvează conținutul de program PC și alte informații de stare
- UCP încarcă adresa subrutinei de tratare în conținutul de program PC

UCP trebuie să determine adresa subrutinei de tratare.

Metode pentru alegerea adresei subrutinei de tratare:

Întreruperi nevectorizate: rutina de tratare se află la o adresă fixă în memorie

Întreruperi vectorizate: adresa este furnizată de către sursa de întrerupere, sub forma unui vector de întrerupere

Sisteme de întreruperi multiple

Pentru înregistrarea cererilor de întreruperi, există un registru al cererilor de întrerupere

Probleme principale: Identificarea sursei de întrerupere

Alegerea întreruperii care va fi servită în cazul mai multor cereri simultane

Tehnici pentru identificarea sursei de întrerupere:

Linii multiple de întrerupere:

Soluția cea mai simplă

Nu este practic să se dedice un număr prea mare de linii ale magistralei sau de pini ai procesorului prin liniile de întrerupere

De obicei, la fiecare linie vor fi conectate mai multe module de I/E

Interogare software

Atunci când UCP detectează o întrerupere, execută o subrutină de tratare a întreruperii

Se interoghează modulele de I/E pentru a determina modulul generator al întreruperii

Pentru interogare se poate utiliza o linie de comandă separată

Fiecare modul de I/E poate conține un registru de stare adresabil

Conectarea dispozitivelor în lanț(interogare hardware)

Se utilizează un lanț de dispozitive(“daisy chain”)

Toate modulele de I/E partajează o linie comună de cerere de întrerupere

La detectarea unei cereri de întrerupere, UCP activează un semnal de achitare a întreruperii

Linia de achitare a întreruperii este înlanțuită prin modulele de I/E

Semnalul de achitare se propagă prin modulele de I/E până când ajunge la un modul solicitant

Acest modul răspunde prin plasarea unui vector de întrerupere prin magistrală de date

UCP utilizează un vector ca un pointer la subrutină de tratare pentru modul

Avantaj: nu este necesară execuția unei subrutine generale de tratare a întreruperii

Arbitrajul de magistrală

Utilizează întreruperile vectorizate

Un modul de I/E trebuie să preia mai întâi controlul asupra magistralei pentru a putea activa semnalul de cerere a întreruperii

La detectarea întreruperii, UCP activează semnalul de achitare a întreruperii

Modulul care a efectuat cererea își plasează vectorul pe liniile de date

Sisteme de întreruperi cu prioritate

Stabilirea priorității întreruperilor simultane se poate realiza prin software sau prin hardware:

Metoda software: Identificarea sursei de prioritate maximă se realizează prin interogare

Există o subrutină comună de tratare, care interoghează sursele de întrerupere

Ordinea în care sunt interogate sursele determină prioritatea lor

Dezavantaj: în cazul unui număr mare de surse, timpul necesar interogării crește

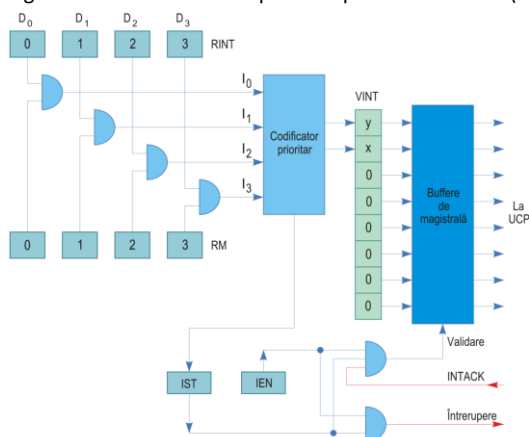
Metoda hardware: Un controler de întrerupere acceptă cereri de întrerupere de la mai multe surse și determină cererea cu prioritatea maximă

Fiecare sursă de întrerupere are un vector propriu de întrerupere

Conectarea în paralel a liniilor de întrerupere

Se utilizează un registru de întrerupere RINT: biții acestuia sunt setați separat de cererile de întrerupere ale fiecărui dispozitiv

Registrul mastilor de intrerupere RM permite controlul (dezactivarea) starii fiecarei cerei de intrerupere

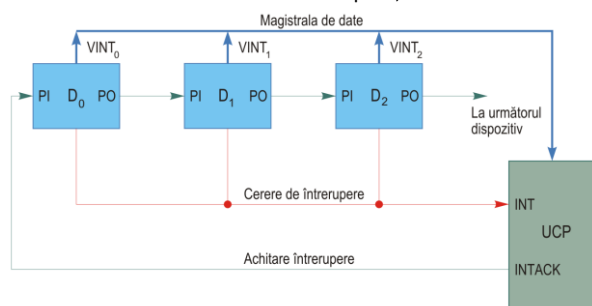


Vectorul este transferat la UCP prin buffere cu trei stari

Conectarea in serie a liniilor de intrerupere

Linia de cerere a intreruperii este comuna pentru toate dispozitivele (conexiune SAU cablat)

Daca nu exista nicio cerere de intrerupere, linia de cerere ramane in stare 0 logic



Semnalul este receptionat de dispozitivul D0 la intrarea sa PI

Semnalul este transmis la iesirea PO numai daca D0 nu solicita o intrerupere

Daca D0 are o cerere de intrerupere activata: blocheaza semnalul de achitare si depune propriul vector de intrerupere

Acces direct la memorie(DMA)

Principiul I/E prin DMA

Dezavantajul I/E programate si al celor prin intreruperi: UCP este ocupata cu operatiile de I/E

DMA elimina acest dezavantaj. Transferurile de date sunt executate direct intre memorie interna si sistemul de I/E

Este necesar un modul suplimentat -> controler DMA

Două metode de efectuare a transferurilor prin DMA:

1. Prin suspendarea operatiilor efectuate de UCP si trecerea magistralei in stare de inalta impedanta

Transfer in rafala sau pe blocuri

Metoda este necesara, de exemplu, pentru unitatile de discuri magnetice. Transferul datelor nu poate fi oprit sau incetinit.

UCP este inactiva pentru perioade relativ lungi de timp

2. Prin utilizarea intervalelor de timp in care UCP nu acceseaza memoria

Transfer prin furt de ciclu

Blocurile lungi de date sunt transferate printr-o secventa de tranzactii DMA intercalate cu tranzactii ale UCP

Metoda reduce rata maxima de transfer, dar reduce si interferenta controlerului DMA la accesul memoriei de catre UCP

Executia transferurilor prin DMA

UCP transmite controlerului DMA o secventa de initializare care contine: directia transferului (citire sau scriere)

adresa dispozitivului de I/E implicat

adresa de inceput a zonei de memorie cu care se efectueaza transferul

numarul de octeti sau de cuvinte care trebuie transferate

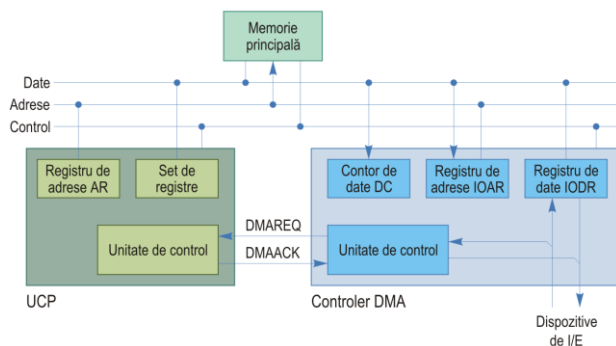
UCP elibereaza magistrala si poate executa alte operatii

Controlerul DMA va genera adresele si semnalele de comanda necesare transferului

Dupa un ciclu DMA se continua cu alte cicluri sau se reda controlul UCP

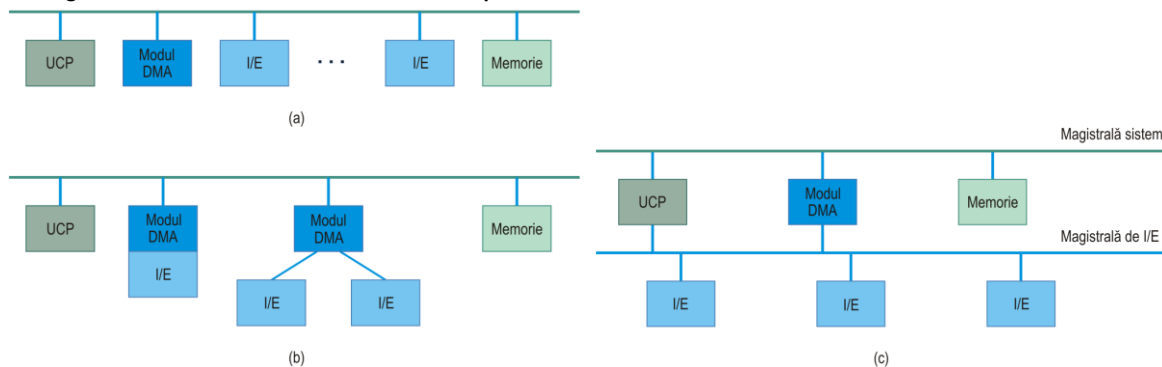
La terminarea transferului, controlerul DMA generează o cerere de întrerupere către UCP

Schema circuitelor necesare pentru transferuri prin DMA si etapele de executie:



1. UCP incarca registrele IOAR si DC cu valorile initiale necesare, instructiuni de I/E
2. Atunci cand controlerul DMA este pregatit pentru transfer, activeaza semnalul DMAREQ
3. Controlerul DMA transfera datele direct cu memoria principală; registrele IOAR si DC sunt actualizate
4. Dacă registrul DC $\neq 0$, dar dispozitivul de I/E nu este pregatit, controlerul DMA eliberează magistrala. UCP dezactivează semnalul DMAACK și preia controlul asupra magistralei
5. Dacă registrul DC = 0, controlerul DMA eliberează magistrala și transmite o cerere de întrerupere către UCP. UCP răspunde prin oprirea dispozitivului de I/E sau prin inițierea unui transfer

Configurații de sisteme care utilizează transferuri prin DMA



Procesoare de I/E

Principiul I/E prin procesoare de I/E (PIE)

Deși DMA eliberează UCP de numeroase operații de I/E, pentru perifericele rapide vor fi necesare numeroase cicluri de magistrală.

Modulele de I/E au fost îmbunătățite, devenind procesoare de I/E (PIE). Unele module de I/E se numesc și canale de I/E

PIE dispune de un set de instrucțiuni specializat pentru operații de I/E

UCP transmite o comandă PIE pentru a executa un program de I/E (program de canal) aflat în memorie

UCP poate specifica o secvență de operații de I/E, fiind întrerupt numai la terminarea întregii secvențe

UCP și PIE comunică printr-o zonă de memorie și prin semnale de control.

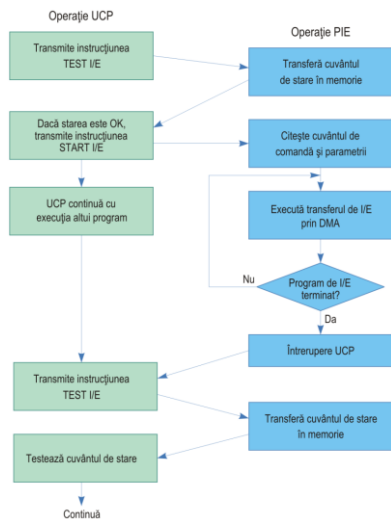
UCP și PIE pot comunica între ele și direct prin intermediul liniilor de control: Cerere DMA (DMAREQ),

Achitare DMA (DMAACK),

UCP poate eticheta PIE prin activarea semnalului ATN (Attention),

PIE poate atenționa UCP prin activarea semnalului IREQ

Execuția unui program de I/E



Procesoare de I/E Intel

Procesoarele de I/E Intel sunt destinate serverelor de înaltă performanță.

Proiectate pentru a maximiza rata de transfer a operațiilor de I/E ale serverelor prin echilibrarea fluxului de date

3. Magistrale

Introducere

Magistrale: cai electrice de transmitere a semnalelor între diferite module ale unui sistem de calcul

În cadrul sistemelor de calcul, există mai multe magistrale diferite: o magistrală sistem pentru conectarea UCP la memorie
una sau mai multe magistrale de I/E pt conectarea perifericelor la UCP

Anumite dispozitive conectate la magistrală sunt active și pot iniția un transfer master.

Alte dispozitive sunt pasive și așteaptă cererile de transfer slave.

Considerații electrice

Proiectarea unor magistrale performante necesită minimizarea unor fenomene electrice nedorite, care determină scăderea fiabilității sistemelor.
Cele mai importante: reflexiile de semnal

Reflexiile de semnal sunt determinate de discontinuitățile impedanțelor: conectori, încărcări capacitive, treceri între diferite straturi ale plăcilor
determină oscilații ale tensiunii și curentului

Pentru eliminarea reflexiilor de semnal trebuie să se utilizeze terminatori de magistrală.

Terminatorii pot să fie: *pasivi* – se pot conecta în *Terminator serie*

În cazul ideal: $R_s + Z_s = Z_0$, unde Z_s – impedanța sursei

Z_0 – impedanța caracteristică a liniei



Terminator paralel

Se plasează o rezistență la capătul receptor → divizor

Rezistența echivalentă R_e = cu impedanța caracteristică a liniei Z_0

activi

Sincronizarea transferurilor de date

Magistrale sincrone

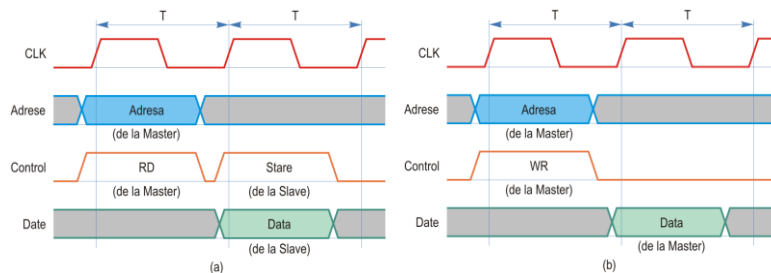
Operațiile magistrelor sincrone sunt controlate de un semnal de ceas → necesită un număr întreg de perioade de ceas

Fiecare cuvânt este transferat pe durata unui număr întreg de cicluri de ceas

Durata este cunoscută atât de unitatea sursă, cât și de cea destinată → sincronizare

Sincronizarea: conectarea ambelor unități la un semnal de ceas comun → distanțe scurte

utilizarea unor semnale de ceas separate pentru fiecare unitate → trebuie transmise semnale de sincronizare în mod periodic



Transfer sincron – (a) Citire, (b) Scriere

Cerința ca unitatea slave să răspundă în următorul ciclu de ceas poate fi eliminată

Se introduce un semnal de control suplimentar ACK sau WAIT, controlat de unitatea slave. Semnalul este activat doar atunci când unitatea slave a terminat transferul datelor

Unitatea master așteaptă până când recepționează semnalul ACK sau WAIT → se introduc stări de așteptare

Dezavantaje: Dacă un transfer se termină înaintea unui număr întreg de cicluri, trebuie să se aștepte până la sfârșitul ciclului

Viteza trebuie aleasă după dispozitivul cel mai lent

După alegerea unui ciclu de magistrală, este dificil să se utilizeze avantajele îmbunătățirilor tehnologice viitoare

Magistrale asincrone

Magistralele asincrone nu utilizează un semnal de ceas → ciclurile de magistrală pot avea orice durată

O magistrală asincronă elimină dezavantajele magistrelor sincrone

În locul semnalului de ceas se utilizează semnale de control suplimentare și un protocol logic între unități (sursă, destinație)

Protocolul poate fi: Unidirecțional – semnalele de sincronizare sunt generate de una din cele două unități

Transfer prin protocol unidirecțional



Transfer (a) inițiat de sursă DREADY
(b) inițiat de destinație DREQ

Semnalele DREADY și DREQ pot fi utilizate pentru: transferul datelor de la unitatea sursă pe magistrală

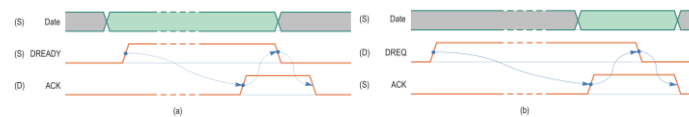
încărcarea datelor de pe magistrală de către unitatea dest

Dezavantajul protocolului unidirecțional: nu permite verificarea terminării cu succes a transferului

Soluția: introducerea unui semnal de confirmare ACK (Acknowledge) → protocol bidirecțional

Bidirectional – ambele unitati genereaza semnale de sincronizare

Transfer prin protocol bidirectional



Transfer (a) initiat de sursa
(b) initiat de destinatie

Arbitrajul de magistrala

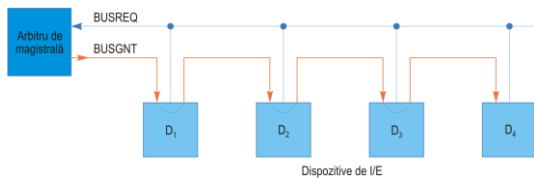
Are rolul de a determina modulul care va deveni master in cazul unor cereri simultane

Arbitrarea centralizata

Arbitrarea centralizata in care se utilizeaza o conexiune in lant a dispozitivelor

O singura linie de cerere a magistralei, BUSREQ (Bus Request) -> SAU cablat

O linie de acordare a magistralei BUSGNT



Dispozitivul cel mai apropiat fizic de arbitru detecteaza semnalul de pe linia BUSGNT

Sunt necesare doar doua linii de control pentru arbitrajul de magistrala

Prioritatea dispozitivelor este fixa -> data de ordinea inlantuirii prin linia BUSGNT

Pentru a modifica prioritatile implicite, magistralele pot avea mai multe nivele de prioritate. Pentru fiecare nivel de prioritate, exista o linie de cerere si una de acordare a magistralei

Metode de arbitrare centralizata:

Conectarea in lant a dispozitivelor:

Avantaje: Numar redus de linii de control necesare

Possibilitatea conectarii, in mod teoretic, a unui numar nelimitat de dispozitive

Dezavantaje: Prioritati fixe ale dispozitivelor

Un dispozitiv cu prioritate ridicata poate bloca un dispozitiv cu prioritate redusa

Susceptibilitatea la defectele liniei BUSGNT

Cereri independente:

Exista linii deparat BUSREQ si BUSGNT pentru fiecare dispozitiv

Arbitrul poate identifica imediat toate dispozitivele care solicita magistrala si poate determina prioritatea acestora

Prioritatea cererilor este programabila

Dezavantaj: pentru controlul a n dispozitive, este necesara conectarea a 2n linii BUSREQ si BUSGNT la arbitru

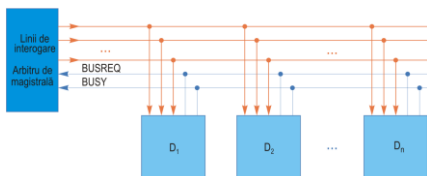
Interogare:

Linia BUSGNT este inlocuita cu un set de linii de interogare

Dispozitivele solicita accesul la magistrala printr-o linie comuna BUSREQ

Arbitrul de magistrala genereaza o secventa de adrese pe liniile de interogare

Fiecare dispozitiv compara aceste adrese cu o adresa unica asignata acestuia



Prioritatea unui dispozitiv este determinata de pozitia adresei sale in secventa de interogare

Avantaj: secventa poate fi programata daca liniile de interogare sunt conectate la un registru programabil

un defect al unui dispozitiv nu afecteaza celelalte dispozitive

avantajele se obtin cu costul unui numar mai mare de linii de control

Arbitrarea descentralizata

Nu exista un arbitru de magistrala

Exemplu de magistrala descentralizata: n linii de cerere cu prioritati -> n dispozitive

Pentru utilizarea magistralei, un dispozitiv activeaza linia sa de cerere

Toate dispozitivele monitorizeaza toate liniile de cerere

Dezavantaj: numar mai mare de linii; numar limitat de dispozitive

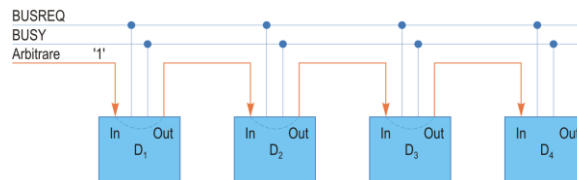
Exemplu de arbitrare descentralizata cu numai trei linii: BUSREQ -> SAU cablat

BUSY -> activat de dispozitivul master

Linie de arbitrare -> conectata in lant

Metoda este similara cu arbitrarea prin conectarea in lant, fara arbitru

Avantaje: cost mai redus; viteza mai ridicata; nu este susceptibila la defectele arbitrului



Magistrale VME

Prezentare generala

VME(Versa Module Eurocard)

Provine din magistrala VERSAbus, care a fost adaptata pentru formatul dublu Eurocard

Magistrala asincrona: Permite componentelor sa functioneze la viteza corespunzatoare tehnologiei utilizate

Utilizata pentru aplicatii industriale si sisteme inglobate

Fiabilitatea magistralei este asigurata prin: proiectarea mecanica -> conectori cu pini metalici
protocolul logic

Aplicatii: Control industrial

Aplicatii militare: radare, comunicatii, aviatie

Aplicatii aerospatiale

Telecomunicatii: statii pentru telefoane celulare, centrale telefonice

Aplicatii medicale: imagistica prin rezonanta magnetica nucleara

Variante VME paralele

Magistrala VME originala: Linii de date si adrese nemultiplexate

Dimensiunea datelor: 8..32 biti, Dimensiunea adreselor: 16..32 biti

Posibilitatea multiprocesarii: arhitectura M/S

Arbitrare centralizata prin conectare in lant

Un numar de 7 linii de intrerupere

Conectori cu 96 de pini(3 randuri x 32)

Pana la 21 placi de extensie pe placa de baza

Magistrala VME64: Date de 64 biti (dublu Eurocard)

Adrese de 64 biti (dublu Eurocard)

Adrese de 32 sau 40 biti (simplu Eurocard)

Conectori cu zgomete mai reduse

Facilitati "plug and play"

Magistrala VME64x: Pini de alimentare 3,3V

141 pini de I/E definiti de utilizator

Noi conectori cu 160 pini (5 randuri x 32)

Conector suplimentar cu 95 pini (5 x 19)

Rata de transfer mai ridicata (max. 196 MB/s)

Posibilitatea inserarii modulelor in timpul functionarii

Panouri frontale cu pini de ghidare

Magistrala VME320: Rata de transfer de peste 320 MB/s (rata de transfer la varf de peste 500 MB/s)

Metoda de interconectare sub forma de stea

Un nou protocol -> 2eSST(Double-edge Source Synchronous Transfer)

Module si conectori

Dimensiuni ale modulelor VME: Inaltime simpla: 3Ux160mm(U – unitate de masura; 1U=1.75"=44,45mm)

Inaltime dubla: 6Ux160mm

Inaltime tripla: 9Ux160mm

Standardul VXS

VXS – VMEbus Switched Serial

Interconexiune seriala comutata: Conexiuni punct la punct intre module

Placi comutatoare (1-2): contin un comutator

Placi normale(pana la 18): alte placi care se conecteaza la placile comutatoare

Semnalele de ceas si de date sunt combinate intr-un singur sir de biti serial

Rate ale datelor de 3,125 sau 6,25 Gbit/s

Cu codificare 8b/10b: 312,5 sau 625 MB/S

Cu codificare 64b/66b: 378 sau 756 MB/S

Topologii VXS: Topologie stea simpla: fiecare placa normala se conecteaza la o singura placa comutatoare

Topologie stea duala: fiecare placa normala se conecteaza la ambele placile comutatoare

Topologie plasa: fiecare placa normala se conecteaza direct la celelalte placi (pana la 3 placi conectate fara un comutator)

Magistrale locale

Majoritatea subsistemelor de I/E integrate sunt conectate la magistrala de extensie.

Un modul de I/E se poate conecta la magistrala locala a procesorului in locul magistralei de extensie (Modulul de I/E este reproiectat).

Metode pentru conectarea la magistrala locala a procesorului:

Conectarea directa: modulul va trebui reproiectat pentru procesoarele din generatiile viitoare

pe magistrala locala se poate conecta un singur modul

Conectarea printr-un buffer: la magistrala prevazuta cu un buffer se pot conecta pana la trei module

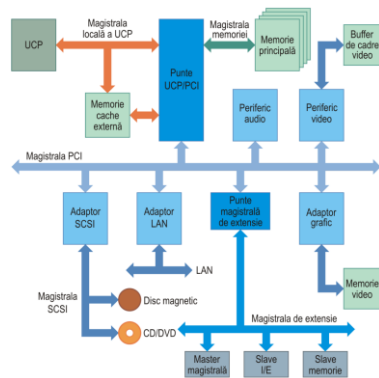
procesorul si un modul master nu pot utiliza magistrala simultan

Conectarea de tip statie de lucru: controlerul memoriei cache externe este combinat cu un circuit numit punte

procesorul poate comunica cu memoriile sale cache in timp ce un modul de I/E are acces la mem principala
interfata modulelor cu magistrala de I/E va fi independenta de magistrala procesorului

Magistrale PCI

Prezentare generala



Extensiile magistralei definesc o familie de conectori

Placile de extensie PCI sunt configurate automat pentru tranzactiile pe magistrala. Nu sunt necesare setari manuale

Detalii de functionare

Functionare sincrona

Integritatea datelor este mentinuta pana la 0 Hz -> moduri in asteptare sau suspendare

Tranzactiile au loc intre un dispozitiv master (initiator) si unul slave (destinatie)

Linii de adrese si date multiplexate, AD: ciclul 1: adresa este plasata pe magistrala

ciclul 2: initiatorul elibereaza magistrala

ciclul 3: datele sunt plasate pe magistrala

Daca destinatia nu poate raspunde in trei cicluri, poate insera stari de asteptare

Trei semnale pentru controlul fluxului: IRDY#, TRDY#, STOP#

Magistrala PCI nu necesita terminatori: apar reflexii de semnal

reflexiile sunt utilizate ca un avantaj

semnalul este reflectat si nivelul sau este dublat pana la nivelul de activare necesar

avantaj: reducerea curentului; reducerea dimensiunii driverelor

Arbitrajul de magistrala

Un initiator trebuie sa solicite utilizarea magistralei

Se utilizeaza o arbitrare centralizata, arbitrul fiind integrat in setul de circuite

Fiecare initiator PCI are doua linii de arbitrare (REQ#, GNT#) conectate la arbitru

Pentru solicitarea magistralei, un initiator PCI activeaza semnalul sau REQ#

Pentru acordarea magistralei, arbitrul activeaza semnalul GNT# corespunzator

Arbitrarea are loc in timp ce un alt initiator controleaza magistrala -> arbitrare ascunsa

Dupa primirea controlului, initiatorul trebuie sa astepte terminarea tranzactiei in curs. FRAME# si IRDY# trebuie dezactivate

Tranzactii PCI

Tranzactiile constau dintr-o faza de adrese urmata de una sau mai multe faze de date

Faza de adrese (un ciclu de ceas): initiatorul identifica dispozitivul destinatie (AD) si tipul tranzactiei (C/BE#)

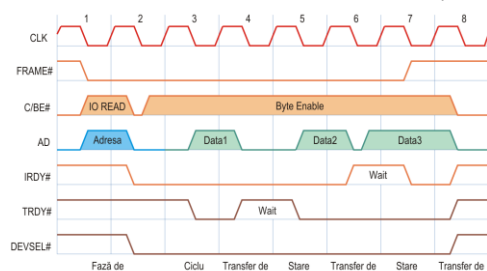
semnalul FRAME# indica validitatea adresei de start si a tipului de tranzactie

Semnalul DEVSEL# este activat de destinatie; indica detectarea adresei sale si disponibilitatea pentru tranzactie

Faza de date: se transfera un numar de octeti de date intre initiator si destinatie

semnalul FRAME# ramane activat pana la faza finala de date

ultima faza de date este indicata prin dezactivarea FRAME# si activarea IRDY#



Majoritatea tranzactiilor PCI sunt executate in modul exploziv ("burst")

Un transfer in mod exploziv consta din: o singura faza de adrese

mai multe faze de date

Arbitrajul de magistrala trebuie executat o singura data

Intreruperi PCI

Magistrala PCI are 4 linii de cerere de intrerupere active pe nivel, INTA#..INTD#. INTA# - dispozitiv cu functie unica

Linii de cerere a intreruperii pot fi partajate. Linii sunt cu drena deschisa. Mai multe dispozitive conectate la aceeasi linie o pot activa simultan

Rutarea intreruperilor: conectarea liniei PCI INTx# a dispozitivului la o linie IRQ a sistemului

rutarea intreruperilor trebuie sa fie programabila

Variantă ale magistralei PCI

Magistrala PCI-X

Versiunea 1.0 : Frecvente de pana la 133 MHz

32 sau 64 de biti

Rata maxima: 1.064 GB/s

Imbunatatiri: Tranzactii divizate: permit unui initiator sa efectueze o cerere pt un transfer apoi sa elibereze magistrala

Contor de coteti: un initiator poate specifica in avans numarul de octeti solicitati

Compatibilitate hardware si software cu versiunile anterioare

Versiunea 2.0: Imbunatatiri care permit utilizarea de catre servere a unor tehnologii de I/E cu performante foarte ridicate

Se pastreaza compatibilitatea hardware si software cu generatiile anterioare ale magistralei

Frecvente mai ridicate de functionare: performantele maxime sunt de 64 de ori mai ridicate fata de prima generatie

Caracteristici noi: cod corector de erori ECC: permite corectarea erorilor de un bit

protocol imbunatatit: creste gradul de utilizare si eficienta magistralei

semnale de strob: comanda intrarile de ceas ale bufferelor de date

semnale de 1,5 V: permit functionarea la frecvente mai ridicate

Magistrala PCI Express

Prezentare generala

Magistrala seriala: Avantaje: complexitate mai redusa a placilor, numar mai redus de pini, cost mai redus

Permite interconexiuni între circuite integrate și între plăci prin conectori

Unifica arhitectura de I/E pentru diferite tipuri de sisteme: calculatoare de birou, calculatoare portabile, servere, sisteme inglobate

Model software compatibil cu arhitectura PCI conventionala

Pastreaza caracteristicile avantajoase ale magistralelor PCI anterioare: acelasi model de comunicare

aceleasi spatii de adrese

aceleasi tipuri de tranzactii

Introduce diferite imbunatatiri: conexiune seriala

coneciune punct la punct

protocol bazat pe pachete

performanta scalabila -> numar variabil de benzi de comunicatie

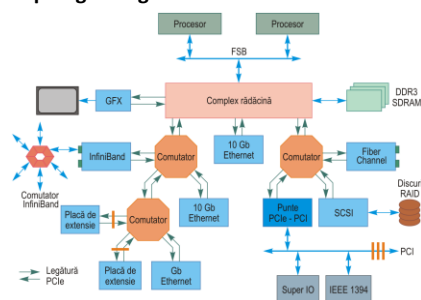
facilitatea de calitate a serviciilor

gestiunea avansata a puterii consumate

raportarea si gestiunea avansata a erorilor

posibilitatea conectarii si deconectarii perifericelor in timpul functionarii

Topologia magistralei



Complex radacina -> defineste o ierarhie: Conecteaza UCP si memoria cu perifericele

Porturi PCIe: definesc cate un domeniu ierarhic

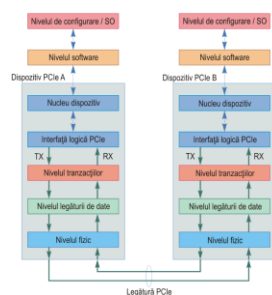
Puncte terminale: Dispozitive periferice: initiatori, destinații

Comutator: Inlocuieste magistrala partaiata

Permite comunicatia directa intre doua periferice

Ansamblu de puncti virtuale intre diferite magistrale PCI

Nivele arhitecturale



Sectiunea de transmite: Nivelul tranzactiilor: formeaza un pachet

Nivelul legaturii de date: extinde pachetul cu informatii pentru detectia erorilor

Nivelul fizic: codifica pachetul si il transmite prin semnale diferite

codificarea datelor permite generarea unui semnal de ceas la receptie

pana la versiune 3.0: codificare 8b/10b -> latime de banda se reduce cu 20%

daca legatura contine mai multe benzi de comunicatie, octetii se transmit intretesut
octetii succesivi se transmit pe benzi succesive

Tranzactii PCI Express

Tranzactie: una sau mai multe transmisii de pachete necesare pentru un transfer

Categorii de tranzactii: de memorie

de I/E

de configuratie

de mesaje: gestiunea puterii de alimentare, semnalarea intreruperilor si a erorilor

Tranzactii la care dispozitivul destinatie returneaza un pachet de terminare

Tranzactii la care dispozitivul destinatie nu returneaza un pachet de terminare

Intreruperi PCI Express

Cereri de intrerupere pot fi semnalate in doua moduri:

Modul nativ: intreruperi semnalate prin mesaje

definit ca un mod optional la magistrala PCI

nu reprezinta mesaje PCIe, ci tranzactii de scriere in memorie

adresele de memorie sunt rezervate de sistem

Modul compatibil: dispozitivele utilizeaza semnalele pentru cererile de intrerupere INTx#

magistrala PCIe nu dispune de liniile de intrerupere INTx#

se utilizeaza mesaje speciale cu rolul unor linii virtuale INTx#

mesajele sunt destinate controlerului de intreruperi din complexul radacina

Variante pentru calculatoare portabile

Mini PCI

Defineste o placa de extensie cu dimensiuni reduse -> echivalenta functional cu o placa PCI obisnuita

Standard pentru perifericele dispozitivelor mobile: modemuri, placi de retea, placi de sunet, controlere de discuri

Conexiuni de alimentare: 3,3 V

Consum de putere maxim al placilor Mini PCI: 2 W

S-a adaugat semnalul suplimentar CLKRUN#: permite pornirea si oprirea ceasului magistralei pentru gestiunea puterii consumate

Mini PCI Express

Se bazeaza pe magistrala PCIe (x1)

Dimensiuni reduse: 30x51 mm

Placa cu lungime injumatatita: 30x27 mm

Conexiuni pentru magistralele SMBus si USB 2.0, diode LED, cartela SIM

Extensie pentru o alta banda PCIe

Conexiuni de alimentare: 1,5V si 3,3V

CardBus

Placi de extensie introduse in versiunea 5.0 a standardului PC Card

Sunt bazate pe magistrala PCI

Imbunatatiri fata de placile PC Card: posibilitatea unor dispozitive master -> DMA

tensiune de alimentare mai redusa

un nou mod audio digital utilizand modulatia in latime a impulsurilor

Arhitectura software este aceeaasi cu cea pentru placile PC Card: Socket Services, Card Services

Conector cu 68 de pini

ExpressCard

Au inlocuit placile CardBus: performante superioare, dimensiuni mai reduse, costuri mai mici

Utilizeaza magistrala serioala PCI Express sau USB

Elimina controlerul CardBus

Posibilitatea de a insera si elimina modulele in timpul functionarii

Se utilizeaza posibilitatile de autodetectie si configurare ale magistrelor PCI Express si USB

Interfete: PCI Express: o banda (x1); 2,5 Gbit/s in ambele directii

USB: vitezele definite de specificatiile USB 2.0

Un modul poate utiliza una sau ambele interfete

Variante pentru sisteme industriale

Placa mezanin PMC

Este asezata in plan paralel cu placa de baza

Nu necesita un conector suplimentar pe placa de baza

Scopul: Extinderea functiilor placii de baza daca nu exista spatiu suficient

Extinderea unei placii de baza cu functii specifice de I/E

PMC specifica o placa PCI conectata la o placa UCP (de obicei, VME)

Conectori mezanin: pana la 4 conectori pe o placa PMC

cei mai utilizati: conectori cu 64 de pini

Tipuri de placii mezanin PMC: procesoare; placii grafice; placii de memorie; placii pentru interfete de I/E

Placa mezanin XMC

Se extinde placa mezanin PMC cu noi conectori pentru interfete seriale: P11..P14: aceiasi conectori ca si conectorii

P1..P4: ai placii mezanin PMC

P15, P16: conectori cu densitate ridicata pentru interconexiuni seriale

CompactPCI

Destinat inlocuirii magistralei VME cu magistrala PCI. Majoritatea aplicatiilor industriale utilizeaza magistrala VME

S-a combinat formatul Eurocard cu magistrala PCI -> standard industrial deschis

Conectarea a pana la 7 placi de extensie, fara utilizarea unei punti

De obicei, placile sunt interconectate printr-o placa de baza pasiva. Fixate pe toate marginile si orientate pe verticala

Avantaje: Se utilizeaza aceleasi circuite si module software ca si la sistemele PCI (PCIe) de birou

Circuitele PCI (PCIe) au costuri reduse

COMExpress

Placile COM Express pot fi utilizate ca si calculatoare pe o singura placa sau placi UCP mezanin, fiecare conectata la o placa de baza

Placile COM Express contin: UCP; memorie; interfete seriale cu viteze ridicate

Toate semnalele sunt rutate la unul sau doi conectori cu densitate ridicata (fiecare cu 220 pini)

Avantaje: performante ridicate asigurate de interfetele seriale cu viteze ridicate

utilizare independenta sau cu o placa de baza

flexibilitate asigurata de tipurile variate de placi

Caracteristici ale placilor ExpressCard, mezanin PMC si XMC, CompactPCI, CompactPCI Serial, COM Express

Magistrale seriale

Alternative viabile la magistralele paralele

Avantaje: Conectori cu dimensiuni mai reduse

Susceptibilitate mai redusa la interferente electrice

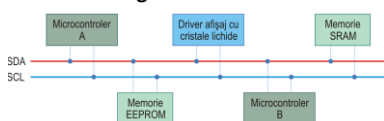
Distanta de interconectare mai mare

Fiabilitate mai ridicata

Cost mai redus al interfetei

Magistrala I2C

Prezentare generala



Magistrala bidirectionala cu doua linii: Date seriale SDA, Ceas serial SCL

Un dispozitiv conectat la magistrala I2C poate functiona ca receptor sau ca transmitator si receptor

Fiecare dispozitiv are o adresa unica

Transmitatoarele si receptoarele pot functiona in mod master sau slave

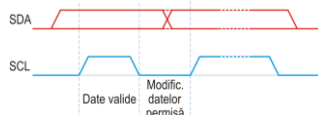
Conditii de START si de STOP



Generate de catre dispozitivul master

Conditie de START: Tranzactie 1 -> 0 a liniei SDA, SCL = 1 logic

Conditie de STOP: Tranzactie 0 -> 1 a liniei SDA, SCL = 1 logic



Datele de pe linia SDA trebuie sa fie stabile in timp ce SCL este 1 logic

Datele se pot schimba numai atunci cand SCL este 0 logic

Transferuri de date

Categorii de informatii transmise pe magistrala I2C, intrec conditiile de START si de STOP: Adresa dispozitivului slave

Bit de citire/scriere

Biti de date, in segmente de cate 8 biti

Bit de confirmare – transmis dupa fiecare segm de date

3 formate pentru transferuri de date: Scriere date de la un transmitator master la un receptor slave

Citire date de catre un dispozitiv master

Transferuri de citire si scriere multiple

Versiuni

Magistrala I2C originala: rata de transfer maxima de 100 Kbiti/s; adrese de 7 biti

Versiunea 2.0: Mod de transfer rapid, max 400 Kbiti/s; adrese de 10 biti; posibilitatea conectarii dispozitivelor cu adrese de 7 sau 10 biti

Versiunea 2.1: Deplasarea nivelurilor de tensiune pentru conectarea dispozitivelor cu tensiuni de alimentare diferite

Specificatii extinse pentru dispozitive cu tensiunea sub 2,7 V

Magistrala SPI

Prezentare generala

Magistrala seriala sincrona

Elaborata de firma Motorola si adoptata de numerosi producatori

Comunicatie duplex: 4 linii de comunicatie; datele fiind transferate in ambele directii

Mod de comunicare master/slave

Functionarea

Transmiterea datelor: Configurarea frecvenței semnalului de ceas (1..70MHz)

Selectarea dispozitivului slave

Optional: timp de așteptare

Cicluri de ceas pentru comunicare duplex: M -> linia MOSI -> S; S -> linia MISO -> M

Se utilizează două registre de deplasare

De obicei, primul bit este bitul cel mai semnificativ

Durata: orice număr de cicluri de ceas

Dimensiunea cuvintelor depinde de aplicație

Avantaje și dezavantaje

Avantaje: Comunicatia duplex

Viteza de transfer ridicată

Interfața hardware simplă

Dezavantaje: Lipsa unui control al fluxului de date

Lipsa confirmării de la dispozitivul slave

Lipsa standardizării -> diferite variante

Dificultatea realizării sistemelor multi-master

Comparatie cu magistrala I2C

SPI: este mai avantajoasă pentru transmiterea unor siruri de date

are rate de transfer mai ridicate

este mai eficientă pentru aplicații care necesită comunicare duplex

nu permite adresarea dispozitivelor

I2C: este mai avantajoasă pentru sisteme cu mai multe dispozitive slave

Magistrala USB

Caracteristici

Detectează adăugarea unui nou periferic

Determină resursele necesare perifericului

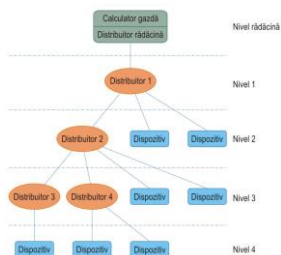
Adăugarea și eliminarea unui periferic se poate realiza fără oprirea calculatorului

Este posibilă o conexiune de tip arbore, cu până la 127 de periferice

Perifericele se alimentează cu +5V prin cablu

Arhitectura master/slave: transferuri de date inițiate de master

Topologia magistralei



Distribuitoare USB: Recunosc conectarea dinamică a unui periferic

Asigură o putere de cel puțin 0.5 W pentru fiecare periferic în timpul inițializării

Pot asigura o putere de până la 2.5W, 2.5W sau 9W pentru funcționarea perifericelor

Fiecare distribuitor constă din: repetor (comutator) și controler (registre de interfață pentru comunicarea cu calculatorul)

Funcții USB: Periferice USB care pot transmite sau recepționa date sau informații de control

Un periferic poate conține funcții multiple

Trebuie să răspundă la cererile de tranzacție transmise de calculator

Conține informații de configurație care descriu posibilitățile lor și resursele necesare

Configurarea funcției: alocarea unei lățimi de bandă și selectarea opțiunilor de configurație

Versiuni USB

Versiunea 1.0(1995): max. 12 Mbit/s

Versiunea 1.1(1998): max. 12 Mbit/s. Canal cu viteză redusă (1,5 Mbit/s)

Versiunea 2.0(2000): Rata de transfer maximă a crescut de 40 de ori, la 480 Mbit/s(High-Speed)

Utilizează aceleași cabluri, conectori și interfețe software

Permite utilizarea a noi tipuri de periferice: camere video, scanere, imprimante

Versiunea 3.0: Mod SuperSpeed: 5 Gbit/s

Două canale simplex diferențiale în plus față de canalele diferențiale existente -> în total 8 fire

Tehnologia este similară cu PCI Express 2.0 - codificare 8b/10b (500 MB/s)

Versiunea 3.1: Mod de transfer "SuperSpeed+ USB 10 Gbps"

USB 3.1 Gen 2: nume pentru marketing

Modul de codificare a fost schimbat de la 8b/10b la 128b/132b

Compatibilitate cu USB 3.0 și USB 2.0

Specificațiile *USB Power Delivery* indică trei nivele de putere furnizată: 10 W (5 V, 2 A); 60 W (12 V, 5 A); 100 W (20 V, 5 A)

Versiunea 3.2: Mod de transfer "SuperSpeed+ USB 20 Gbps"

Două benzi de comunicație

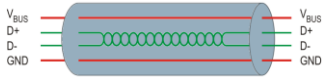
Utilizează liniile existente destinate reversibilității conectorului de tip C

Aceeași codificare 128b/132b

Compatibilitate cu USB 3.1, 3.0 și 2.0

USB 3.2 Gen 1x1 (5 Gbiți/s); USB 3.2 Gen 1x2 (10 Gbiți/s); USB 3.2 Gen 2x1 (10 Gbiți/s)

Cabluri si conectori



Semnale diferentiale pe liniile D+ si D-

Tensiunea de alimentare pentru periferice pe linia Vbus

Terminatori la fiecare capat al cablului: Asigura nivele de tensiune corecte pentru periferice

Permit detectarea conectarii/deconectarii perifericelor

Permit diferentierea intre perifericele rapide si lente

Tipuri de transfer

Transferuri de control: se utilizeaza de catre driverele calculatorului pentru configurarea perifericelor

Transferuri de date voluminoase: Constau din volume mari de date

Se utilizeaza pentru imprimante, scanere

Fiabilitatea asigurata prin: cod detector de erori; reluarea transferurilor cu erori

Rata de transfer poate varia

Transferuri de intrerupere: Se utilizeaza pentru date cu volum redus

Transferul datelor poate fi solicitat de un periferic in orice moment

Rata de transfer nu poate fi mai redusa decat cea specificata de periferic

Datele constau din notificarea unor evenimente, din caractere sau coordonate

Transferuri izocron: Se utilizeaza pentru datele generate in timp real, care trebuie furnizate cu rata cu care sunt receptionate

Trebuie respectata si intarzierea maxima cu care sunt furnizate datele

4. AFIŞAJE CU CRISTALE LICHIDE

1. Cristale lichide

1. Tipuri de cristale lichide

Trei tipuri de cristale lichide:

- **Termotropice** - tranziţază în diferite faze odată cu schimbarea temperaturii
- **Liotropice** - tranziţii de fază determinate de concentraţia moleculelor într-un solvent
- **Metalotropice** - compuse din molecule organice şi anorganice, tranziţiile de fază depind şi de raportul de compoziţie organic / anorganic

Fazele cristalelor lichide termotropice 1. Care sunt principalele faze ale cristalelor lichide termotropice?

- **Temperatură înaltă: faza lichidă (izotropă)**
- **Temperatură scăzută: faza solidă (cristalină)**
- Tipuri de ordonare pentru faze:
 - Ordine poziţională a moleculelor
 - Ordine de orientare a moleculelor
- **Faza nematică (N)**
 - *Nema* – fir; *nemato* – filiform (lb. greacă)
 - Molecule filiforme, Fără ordine poziţională
 - Ordine poziţională aprox. paralelă → director
 - Pot fi aliniate uşor cu un câmp electric
- **Faza smectică (Sm)**
 - Moleculele păstrează ordinea de orientare
 - Se aliniază în straturi
 - Ordine poziţională după o direcţie
 - SmA (stânga)
 - SmC (dreapta)
 - Există şi alte faze Sm
- **Faza colesterică (N*)**
 - Tipică pentru esteri ai colesterolului → colesteric
 - Structură similară cu o stivă de straturi nematice 2D
 - Directorul din fiecare strat este răsucit faţă de straturile adiacente
 - *Twisted nematic* (TN)



2. Afişaje cu cristale lichide TN -

principiul de funcţionare 2. Cum trece lumina polarizată printr-un strat de cristale lichide TN?

Afişajele cu cristale lichide sunt pasive (nu produc ele lumina)

Utilizează o sursă de lumină (de fond) sau o oglindă (care reflectă lumina ambientală)

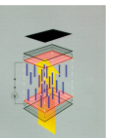
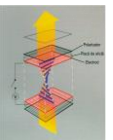
Funcţionarea se bazează pe proprietăţile luminii polarizate

- Undele de lumină sunt **polarizate** - orientate în paralel cu o anumită direcţie specifică cu ajutorul unui filtru polarizator
- Lumina polarizată trece printr-un strat de cristale lichide TN, urmând alinierea moleculelor
- Direcţia de polarizare se modifică în funcţie de rotirea moleculelor
- Un pixel: este format din cristale lichide TN introduse între doi electrozi transparenti
 - Electrozii sunt prevăzuţi 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



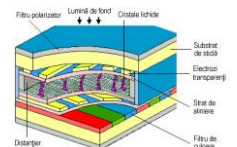
Detalii constructive

- Două filtre polarizatoare
- Două plăci de sticlă
- Doi electrozi transparenti
- Strat de cristale lichide TN
- Lumina este polarizată de primul filtru
- **Dacă nu se aplica tensiune** pe electrozi, moleculele nu se aliniază
 - Direcţia de polarizare este rotită cu 90° Lumina va trece şi prin al doilea filtru (apare pixel luminos)
- **Dacă se aplică o tensiune electrică**, moleculele se realiniază
 - Direcţia axelor longitudinale tinde să se alinieze în paralel cu direcţia câmpului
 - Undele de lumină nu sunt rotite → sunt blocate de al doilea filtru (pixelul va fi zavut negru)
 - Prin controlul tensiunii, se pot obţine diferite nivele de gri



Afişaje cu cristale lichide TN – afisare color

- Nivelele intermediare de luminozitate sunt realizate prin modificarea tensiunii aplicate celulelor
- Lumina de fond de culoare albă conţine toate lungimile de undă
- Componentele de culoare RAV (RGB) se obţin prin filtrarea culorii albe în faţa fiecărui sub pixel
- Fiecare pixel este compus din trei subpixeli pentru culorile primare RGB



Tehnologia STN - STN – Super-Twisted Nematic 3. Care este deosebirea dintre tehnologiile TN şi STN?

Diferenţa dintre tensiunile aplicate pe electrozi pentru care o celulă este activă / inactivă este foarte redusă

- Tehnologia TN nu este practică pentru dimensiuni mari cu adresarea convenţională
- Tehnologia STN: direcţia luminii polarizate este rotită cu un unghi de 180° .. 270°
- Diagrama indicând transmisia luminii devine mai abruptă

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

Dezavantaje ale tehnologiei STN:

- Timp de răspuns mai mare comparativ cu tehnologia TN
- Nivel de strălucire mai redus
- Costuri de producţie mai ridicate
- Primele afişaje STN prezentau o **colorare nedorită** → spectru de transmisie deplasat



- În starea activă: culoare galbenă
- În starea inactivă: culoare albăstrui

Tehnologia DSTN - DSTN – Double Super-Twisted Nematic

A rezolvat problema de **colorare nedorită** a tehnologiei STN prin **adăugarea unui nou strat STN**

- Pentru al doilea strat, 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**
- **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 FSTN - 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:

- Reducerea contrastului

3. Metode de adresare – afișaje cu cristale lichide

Adresarea directă

- Utilizată pentru afișajele cu un număr redus de elemente
- Fiecare element (segment sau pixel) este adresat sau comandat separat
- Trebuie să se aplice o tensiune asupra fiecărui element pentru a schimba orientarea cristalelor

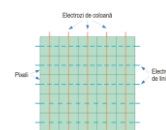


Adresarea multiplexată

- Utilizată pentru afișajele cu un număr mare de pixeli
- Fiecare pixel se află la intersecția unui electrod de linie și a unui electrod de coloană

Avantaj:

- Reducerea complexității circuitelor
- Pentru o matrice de 100x100 pixeli sunt necesare 200 drivere (față de 10.000 la adresarea directă)

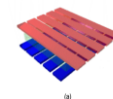


Dezavantaj:

- Reducerea contrastului → afișajele TN au fost îmbunătățite prin diferite metode

Afișaje cu matrice pasivă - principiu

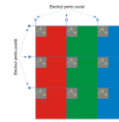
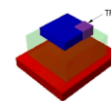
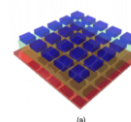
- Utilizează un set de electrozi transparenți multiplexați
- Stratul de cristale lichide se află între electrozi
- Electrozii sunt realizați din oxid de staniu-indiu
- Un pixel devine opac când este adresat - când i se aplică o tensiune
- La eliminarea tensiunii, pixelul se dezactivează lent
- Controlerul afișajului baleiază matricea de pixeli
- Apare o întârziere de la aplicarea tensiunii asupra unui pixel până când acesta este activat → **timpul de răspuns**
- Apare inerție a pixelilor după eliminarea tensiunii
- Timpul de baleiere al matricei trebuie să fie mai redus decât timpul necesar pentru dezactivarea pixelilor
- **4. Care sunt dezavantajele afișajelor cu matrice pasivă?**



- Interferența între pixeli ("crosstalk") → 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

Afișaje cu matrice activă - principiu

- Placa de sticlă din față 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*) - **elemente active**: tranzistoare cu efect de câmp FET (*Field Effect Transistor*) Pe bază de siliciu amorf (a-Si) sau Pe bază de polisiliciu (p-Si)
- O imagine este creată prin baleierea matricei:
 - Se selectează o linie de pixeli și se aplică tensiune 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
- Avantaje (față de afișajele cu matrice pasivă):
 - Timpul de răspuns mai redus
 - Contrastul mai ridicat
 - Nivelul de strălucire mai ridicat
 - Unghiul de vizualizare mai mare
- Dezavantaje:
 - Necesită o lumină de fond mai puternică
 - Costul mai ridicat



4. Metode pentru generarea luminii de fond

Poate fi generată prin diferite metode

Lumina de fond: cu lămpi fluorescente - CCFL – Cold Cathode Fluorescent Lamp

- Amplasate la marginile afișajului
- Pentru distribuția uniformă a luminii se amplasează în spate un **panou difuzor și polarizatoare**
- Pentru echipamente portabile, este necesară conversia tensiunii la o valoare mai ridicată
- Nu se pot realiza afișaje cu grosimi foarte reduse

Lumina de fond: cu șiruri de diode LED albe EL-WLED – Edge-Lit White LED 5. Care sunt avantajele generării luminii de fond cu diode LED?

- Sunt amplasate la marginile afișajului
- Pentru distribuție uniformă se amplasează un panou difuzor și polarizatoare
- Aparatele TV cu acest tip de lumină de fond (LED TV) utilizează o tehnologie LCD cu matrice activă
- Se pot realiza afișaje cu grosime redusă (< 1 cm)
- Față de iluminarea CCFL: consum de energie mai redus (30..40 %); durata de viață mai lungă
- Se poate obține un contrast și o luminozitate mai ridicată
- Costurile inițiale ridicate ale afișajelor au fost reduse
- Gama de culori este puțin mai redusă față de cea a afișajelor cu iluminare CCFL
- Este mai dificil să se mențină uniformitatea luminozității pe termen lung → zone mai luminoase sau mai întunecate

Lumina de fond: cu matrice de diode LED albe

- Matrice de diode LED albe distribuite uniform în spațiile afișajului
- Se utilizează pentru aparate TV
- Este posibilă setarea intensității luminii de fond în mod diferit în diferite zone (*local dimming*)
- Se poate obține un contrast dinamic mai ridicat
- Modificarea intensității luminii de fond se poate obține prin modulația în lățime de impulsurilor (PWM) de curent

Lumina de fond: cu matrice de diode LED RGB

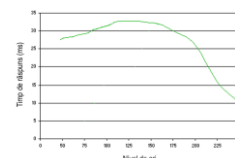
- Se folosesc triade de diode LED: R, G și B (RVA)
- Se poate obține o gamă extinsă de culori
- Culori pure și saturate
- Cost ridicat
- Metodă utilizată la afișajele profesionale pentru editare grafică

5. Caracteristici ale afișajelor cu cristale lichide

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

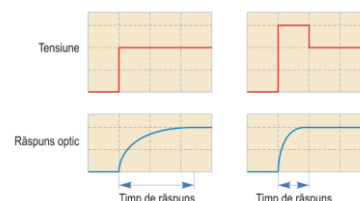
Timpul de răspuns 1. Care sunt factorii de care depinde timpul de răspuns?

- Timpul necesar pentru schimbarea orientării cristalelor lichide → tranziția culorii (alb-negru)
- Important mai ales pentru imagini dinamice
 - Mod standard de măsurare - Standard ISO
 - Timpul total al unei tranziții (exemplu pentru un afișaj TN: $t_R=5$ ms, $t_F=20$ ms)
 - negru-alb (*timp de creștere* – t_R) și
 - alb-negru (*timp de descreștere* – t_F)
 - Variația strălucirii: 10% → 90% → 10%
- Timpul de răspuns este dependent de tehnologia utilizată - variază 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)
 - Axa X: nivelul de gri (cod)
 - Axa Y: timpul de răspuns al pixelului (ms)
- 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



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)
- Timpi 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
 - Fără remanența imaginii
 - Cu remanența imaginii



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

Numărul de culori

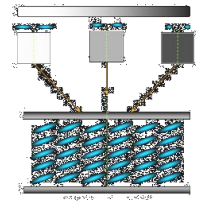
- Reprezintă numărul de culori care pot fi reproduse de afișaj

- Determinat de numărul orientărilor posibile în fiecare subpixel
- Tehnologia TN: numai 64 de orientări - Nr de culori: 262.144 - 6 biți pe subpixel → **culoare de 18 biți**
- Tehnici pentru creșterea numărului de culori: intercalarea nuanțelor și controlul ratei cadrelor
 - Intercalarea spațială a culorilor (*dithering*)
 - Se creează o nouă culoare prin pixeli adiacenți cu nuanțe ușor diferite
 - **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, pâlpăire
 - Calitatea tehnicii FRC poate depinde de setările luminozității și ale contrastului
 - Alte tehnologii: **culoare de 24 biți**
 - **Culoare de 30 biți** (10 biți pe subpixel)
 - Număr de culori de peste 1 miliard
 - Uneori se utilizează culori de 24 biți + FRC
 - Culoare reală de 30 biți: monitoare profesionale

6. Tehnologia VA

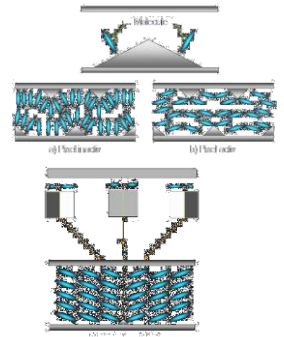
Principiul tehnologiei VA - Vertical Alignment

- Dezvoltată de firma Fujitsu Limited
- Utilizează un nou tip de cristale lichide, denumite “cu aliniere verticală”
- În lipsa unei tensiuni aplicate asupra lor, moleculele sunt aliniate perpendicular pe plăcile de sticlă
 - Lumina este blocată de polarizatorul din partea din față a ecranului
 - Blocarea luminii este aproape completă → se obține o culoare neagră de calitate ridicată
- La aplicarea unei tensiuni, moleculele se înclină cu până la 90°
 - Permit trecerea luminii într-o măsură proporțională cu tensiunea aplicată
 - Moleculele sunt aliniate în mod uniform
 - Strălucirea unei celule se modifică în funcție de unghiul de vizualizare
 - Vizualizată din direcția normală pe cea a înclinării: **celulă luminoasă**
 - Vizualizată din față: este vizibilă **doar o parte a luminii**
 - Vizualizată din direcția de înclinare: **celulă întunecată**
- Unghiul de vizualizare este limitat



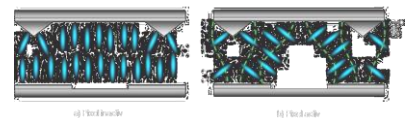
Tehnologia MVA - (Multi-Domain Vertical Alignment) - Îmbunătățirea tehnologiei VA

- În lipsa unei tensiuni aplicate, moleculele sunt înclinate cu anumit unghi
- Fiecare celulă
 - este împărțită în două sau mai multe regiuni (domenii) prin utilizarea unor protuberanțe
 - În fiecare domeniu, moleculele vor fi aliniate în mod diferit de cele din domeniile vecine
- La aplicarea unei tensiuni, moleculele tind să se încline pe orizontală
 - Permit trecerea luminii în funcție de orientarea față de direcția orizontală
 - Combinarea unor zone cu molecule orientate în direcții opuse: se poate obține o strălucire uniformă a celulelor
 - Modificarea amplasării protuberanțelor: se pot crea mai multe domenii
- **Dezavantaj:** **2. Care sunt dezavantajele tehnologiei MVA?**
 - reducerea nivelului de strălucire
 - Sunt necesare cel puțin patru domenii



Tehnologia MVA îmbunătățită

- Pentru crearea protuberanțelor, sunt necesare două procese fotolitografice
- Protuberanțele de pe un substrat sunt înlocuite cu electrozi transparenți 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

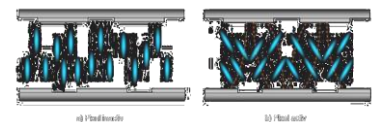


Caracteristici ale tehnologiei MVA

- 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

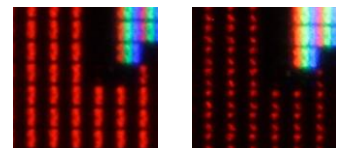
Tehnologia PVA – Patterned Vertical Alignment

- Dezvoltată de Samsung Electronics
- Protuberanțele de pe ambele substraturi sunt înlocuite cu electrozi → model în zigzag
- 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 - pot utiliza culori de 18 biți și tehnica controlului ratei cadrelor FRC
- Calitatea culorilor: problematică pentru o direcție strict perpendiculară pe ecran



Tehnologia PVA îmbunătățită (S-PVA) (Super-PVA)

- Timp de răspuns îmbunătățit → metodă RTC avansată (*Dynamic Capacitance Compensation*) (Ex: 50 ms → 8 ms)
- Nu se utilizează metode de simulare a culorilor → culori de 24 biți sau 30 biți
- Structura subpixelilor modificată → două secțiuni aliniate în direcții opuse
- Subpixeli roșii la luminozitate max./min. (st./dr.)
- Subpixel: două zone, cu patru domenii fiecare
 - Structura poate compensa deplasarea culorilor
- Unghiurile de vizualizare sunt asimetrice

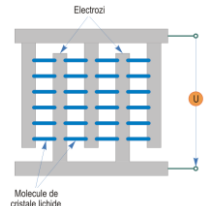
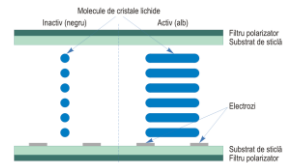


Tehnologia IPS

Principiul tehnologiei IPS 3. Care sunt deosebirile dintre un afișaj TN TFT și un afișaj IPS?

- 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
- 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
- Afișaj IPS:
 - ambii electrozi sunt montați pe substratul de sticlă din spatele ecranului → se află în același plan
 - 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
 - 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 există doi electrozi
 - Doi tranzistori pentru fiecare subpixel
 - Cei doi electrozi și tranzistorii reduc zona transparentă
 - Este necesară o lumină de fond mai puternică



Avantaje ale tehnologiei IPS 4. Care sunt avantajele tehnologiei IPS?

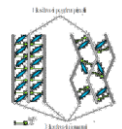
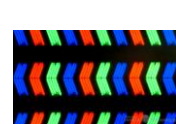
- Unghiuri de vizualizare foarte mari, atât pe orizontală, cât și pe verticală
- Calitate ridicată pentru reproducerea culorilor
- Imaginea nu este afectată dacă ecranul este atins
- Dacă un tranzistor TFT este defect, subpixelul rămâne negru

Dezavantaje ale tehnologiei IPS

- 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 S-IPS S-IPS (Super-IPS)

- Îmbunătățire a tehnologiei IPS
- Timpul de răspuns este redus prin utilizarea unor tehnici RTC
- Costurile de producție sunt reduse
- Subpixelii sunt divizați în mai multe domenii
- Contrastul este îmbunătățit
 - Digital Fine Contrast: metodă complexă pentru creșterea contrastului dinamic (LG Display)
- Luminozitatea și contrastul sunt mai ridicate
 - Aranjament diferit al electrozilor



Tehnologia H-IPS (Horizontal-IPS)

- Dezvoltată de LG Display - nouă amplasare a electrozilor
- Lățimea electrozilor comuni este redusă
- Electrozii pixelilor sunt amplasați pe orizontală
- Subpixelii sunt orientați pe linii verticale
- Luminozitatea și contrastul sunt mai mari
- Alte variante: UH-IPS, S-IPS II



5 ALTE TIPURI DE AFISAJE - Afișaje cu diode OLED organice. Afișaje cu hârtie electronică

Afișaje cu diode OLED

Tipuri de materiale organice electroluminescente OLED – Organic Light Emitting Diode

- În anii 1950 au fost descoperite materiale organice electroluminescente
- În anii 1970 au fost dezvoltate materiale pe bază de polimeri conductivi (Ex: poliacetilenă; polianilină)
- Prima diodă LED organică a fost dezvoltată la firma Eastman Kodak (1987)
- Două tipuri de materiale, după mărimea moleculelor care le compun:
 - Cu molecule mici: SM-OLED – Small Molecule OLED
 - Cu molecule mari (polimeri): LEP – Light Emitting Polymer
- Ambele tipuri generează lumină prin formarea electronilor și a golurilor, iar apoi prin recombinarea lor

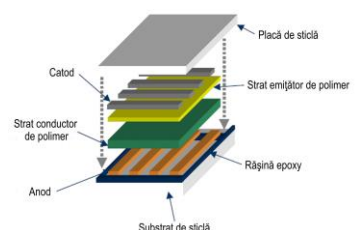
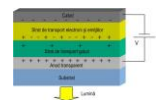
Structura și funcționarea unei celule OLED

Principiul de funcționare

- Diodă LED organică:
 - Unul sau mai multe straturi de materiale organice (100..500 nm) - Primele diode OLED: un singur strat organic
 - Doi electrozi (anod, catod)
 - Substrat (plastic, sticlă)
- OLED multistrat: au eficiență îmbunătățită - Numeroase diode OLED au două straturi: strat conductor, strat emițător

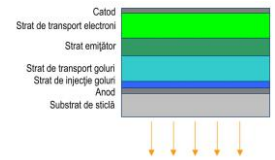
Structura unei celule tipice OLED 1. Care este deosebirea dintre materialele organice SM-OLED și LEP din punctul de vedere al eficienței emisiei luminii?

- Două straturi organice – între doi electrozi
- Doi electrozi
 - Catod: oglindă metalică
 - Anod: transparent (oxid Sn-In)
- Substrat: sticlă sau plastic
- Dacă se aplică o tensiune:
 - Prin straturile organice va circula un curent de electroni (catod → anod)
 - Electronii și golurile se atrag reciproc prin forțe electrostatice
 - Un electron și un gol se recombină → exciton într-o stare singlet sau triplet
 - Dezintegrarea stării singlet → eliberarea energiei sub forma unui foton
- Eficiența unei celule OLED: limitată de raportul dintre numărul stărilor singlet și triplet



Tehnologii de fabricație pentru diode LED cu molecule mici

- Diode LED cu molecule mici
 - Strat conductor (transport goluri): talo-cianină, trifenilamină
 - Strat emițător: vopsele fluorescente
 - Proces: evaporare termică în vid
- **Avantaje:**
 - Se pot forma straturi omogene de film
 - Se pot obține structuri multistrat complexe
- **Dezavantaje:**
 - Proces costisitor
 - Nu este scalabil la substraturi foarte mari

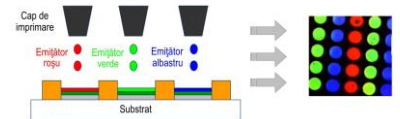


Tehnologia OLED cu emisia luminii albe

- Tehnologia OLED cu emisia luminii albe - WOLED (*White-emitting OLED*)
 - Depunere uniformă a unui material OLED cu emisie a luminii albe
 - Filtre de culoare aplicate conform cu șablonul subpixelilor
 - Depunerea filtrelor de culoare: metode fotolitografice → utilizată și la afișajele LCD
- **Avantaje:**
 - viteză ridicată;
 - proces scalabil;
 - nu sunt probleme de echilibru al culorilor
- **Dezavantaj:**
 - consum de energie mai ridicat

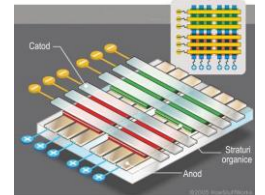
Tehnologii de fabricație pentru diode LED cu polimeri

- Strat conductor: polianilină
- Strat emițător: polifenilen de vinil (PPV), polifluorină (PF)
- Acoperire prin centrifugare: soluție depusă pe substrat, care este rotit cu viteză ridicată
- **Avantaje:**
 - Proces scalabil pentru producția de masă
 - Mai puține etape de depunere în vid
 - Se poate utiliza imprimarea cu jet de cerneală pentru stratul emițător
- **Dezavantaj:**
 - Este mai dificilă formarea structurilor multistrat



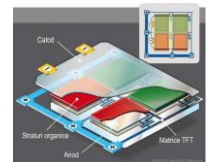
Afișaje cu matrice pasivă PMOLED

- Drive re atașate fiecărui electrod
 - Liniile de pixeli sunt selectate succesiv
 - Se aplică o anumită tensiune pe coloanele liniei selectate → un curent electric
- **Avantaj:**
 - costurile de fabricație sunt reduse
- **Dezavantaje:**
 - sunt necesari curenți relativ intensi → consum de energie ridicat;
 - sunt potrivite numai pentru ecrane mici



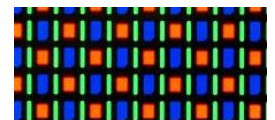
Afișaje OLED cu matrice activă AMOLED

- Matrice de tranzistoare cu film subțire (TFT)
- Sunt necesare două tranzistoare și un condensator pentru fiecare subpixel
 - Primul TFT: încărcarea condensatorului
 - Al doilea TFT: furnizarea tensiunii corecte
- **Avantaje:**
 - rate de reîmprospătare mai ridicate;
 - luminozitate mai ridicată;
 - consum de energie mai redus



Matrice PenTile

- Set de metode de amplasare a subpixelilor → Samsung Display
- Inspirare de particularitățile retinei umane → mai puțini senzori pentru culoarea albastră
- Utilizează algoritmi patentati pentru maparea subpixelilor
- Un pixel de intrare este mapat la un pixel logic
- Compatibilitate cu amplasarea RGB obișnuită



Avantaje ale afișajelor OLED

- Contrast ridicat, static (>1.000.000:1) și dinamic
- Unghiuri de vizualizare mari → fără deplasarea culorii
- Gamă largă de culori
- Timp de răspuns redus (0,01 ms .. 1 ms)
- În medie, consumul de energie este mai redus comparativ cu afișajele LCD (40% .. 80%)
- Substratul de plastic este ușor
- Se pot realiza afișaje flexibile și transparente

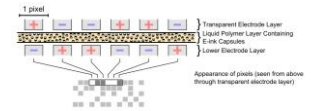
Dezavantaje ale afișajelor OLED

- Actualmente, costul procesului de fabricație este relativ ridicat
- Durata de viață a unor materiale organice (OLED albastru) este limitată (de ex., 14.000 ore)
- Echilibrul culorilor se poate modifica în timp
 - Deplasarea culorilor spre albastru
 - Optimizarea dimensiunii subpixelilor R, G și B → subpixeli albaștri mai mari
- Poate apărea persistența imaginilor
- Afișajul poate fi deteriorat prin expunerea prelungită la raze ultraviolete
- Materialele organice pot fi deteriorate de apă
- Lizibilitatea în condiții de exterior poate fi limitată
 - Polarizator circular; strat anti-reflector
- Energia consumată crește la afișarea imaginilor pe fond alb

Afișaje cu hârtie electronică

Principiul afișajelor electroforetice

- Numite și afișaje cu cerneală electronică (e-ink)
- Afișaje reflectice
- Pot utiliza una din mai multe tehnologii
 - Electroforetică
 - Electro-fluidică
 - Modulare interferometrică
- Tehnologia electroforetică
 - Electroforeza: deplasarea particulelor într-un fluid sub influența unui câmp electric
 - Particule de cerneală (~ 1 μm) cu încărcare opusă și două culori pe două părți
 - Particulele sunt dispersate în polimer lichid
 - Două straturi de electrozi conductivi
 - Aplicarea unei tensiuni: particulele se rotesc
 - Partea '+' se rotește spre electrodul '-'
 - Particulele apar albe sau întunecate privite de sus



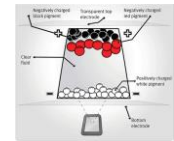
Principiul afișajelor electroforetice cu micro-capsule

- Dezvoltate inițial la firma E Ink Corp.
- Electrocul de sus: continuu și transparent
- Stratul electrodului de jos: divizat în pixeli
- Cerneală electroforetică: lichid transparent + particule microscopice de pigmenti încărcati
- Particule negre → încărcate negativ
- Particule albe (bioxid de titanu – TiO₂) → încărcate pozitiv
- Cernaala este închisă în micro-capsule
- Cernaala este laminată într-un film de plastic
- Aplicarea unui câmp electric '+' sau '-': particulele se deplasează în sus sau în jos



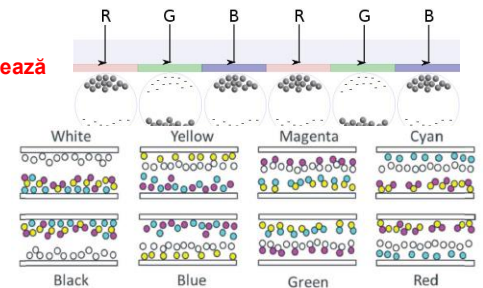
Tehnologia cernelii electronice cu trei pigmenți

- Utilizează un pigment roșu sau galben în plus față de cel negru și alb
- Exemplu: tehnologia E Ink Spectra™
 - Pigmenții sunt închisi în micro-cupe
 - Pigmenții roșii și negri au mobilitate diferită
- Utilizarea filtrelor de culoare
 - Matrice de filtre R, G, B
 - Aceeași tehnologie ca și cea de la afișajele LCD



Tehnologia Advanced Color ePaper (ACeP) 3. Care sunt fenomenele pe care se bazează tehnologia Advanced Color ePaper?

- Tehnologie dezvoltată de firma E Ink Corp.
- Nu utilizează o matrice de filtre color
- Elimină dezavantajele filtrelor care
 - absorb lumina
 - limitează reflectivitatea
- Combinarea culorilor primare prin alăturare reduce
 - rezoluția și
 - saturația culorilor
- Trei pigmenți transparenti, colorati (C, M, Y) și un pigment alb opac
- Doi pigmenți: încărcati pozitiv; ceilalți doi pigmenți: încărcati negativ
- Funcționarea se bazează pe mișcarea electroforetică selectivă a pigmenților
 - Pigmenții au mobilitate electroforetică diferită
- Un alt fenomen: agregarea pigmenților
 - Doi pigmenți încărcati în mod opus se grupează
 - Se poate controla prin câmpurile electrice
 - Există patru grupări posibile ale pigmenților C, M și Y (C + M + Y → negru)
- Afișaj experimental
 - 32 de culori native → 32 de tensiuni diferite aplicate fiecărui pixel
 - O imagine color este produsă din culorile native utilizând tehnici de intercalare spațială



Avantaje ale afișajelor cu hârtie electronică

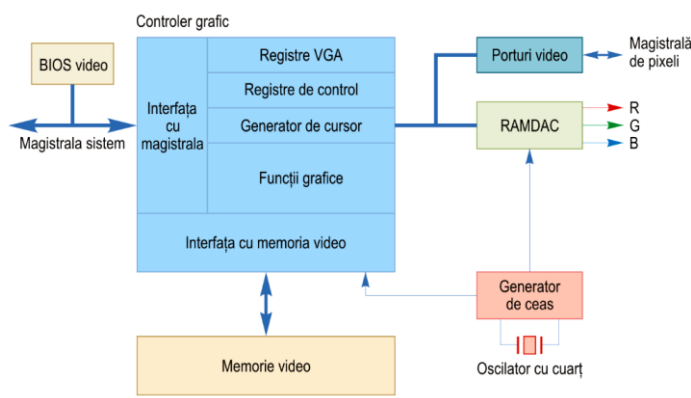
- Putere consumată extrem de redusă
 - Tehnologie bi-stabilă: o imagine statică este menținută și după ce alimentarea este oprită
 - Nu este necesară reîmprospătarea ecranului
 - Nu este necesară o lumină de fond
- Contrast ridicat
 - Afișaje reflectice
 - Se utilizează aceiași pigmenți ca și în industria tipografică → aceeași lizibilitate ca și cea a hârtiei tipărite
- Unghi de vizualizare ridicat
- Vizibilitate foarte bună la lumina soarelui sau la lumină redusă
- Rezoluție ridicată
- Robustețe: substrat de film din plastic; substrat TFT bazat pe un material plastic
- Afișaje ușoare și subțiri
 - Materialele plastice se pot utiliza ca și conductori sau semiconductori; de exemplu, PEDOT PSS
 - Tranzistori TFT organici
- Afișaje flexibile
 - Substraturi flexibile și transparente obținute prin procese de imprimare sau depunerea vaporilor

Dezavantaje ale afișajelor cu hârtie electronică

- Rate de reîmprospătare foarte reduse - Nu sunt potrivite pentru aplicații interactive
- Imagini remanente
 - Vizibile după reîmprospătarea ecranului
 - Ecranul trebuie reîmprospătat de mai multe ori
- Dificultatea realizării afișajelor color
 - Tehnologiile color care nu utilizează filtre de culoare sunt complexe
 - Afișajele color sunt mult mai costisitoare

6. ADAPTOARE GRAFICE

1. Structura unui adaptor grafic



Componente adaptor grafic -

- **Controlerul grafic**
 - Realizează principalele funcții ale adaptorului grafic
 - **Interfața cu magistrala sistemului**
 - Transferuri în mod exploziv
 - Transferuri fără stări de așteptare la citirea memoriei video
 - Memorie FIFO pentru scrierea eficientă în memoria video
 - **Interfața cu memoria video**
 - Permite actualizarea imaginilor video
 - **Registree VGA și registrele de control**
 - Asigură programarea adaptorului grafic pentru funcționarea în modurile VGA
 - Există adaptoare care nu mai sunt compatibile cu standardul VGA
 - **Generatorul cursorului**
 - **Funcțiile grafice**
 - Implementate de către **acceleratoarele grafice**
- **BIOS video**
 - Pune la dispoziție funcții video pentru accesul la adaptorul video
 - Programele BIOS ale diferitelor adaptoare sunt diferite → programare dificilă
 - Standard VESA (*Video Electronics Standards Association*) pentru funcțiile BIOS în modurile cu înaltă rezoluție
- **Memoria video**
 - Păstrează imaginea video → buffer de cadre
- **Circuitul RAMDAC (RAM Digital to Analog Converter) Funcția circuitului RAMDAC**
 - Preia imaginea digitală și o convertește în semnale analogice
 - Funcțiile circuitului RAMDAC pot fi integrate în controlerul grafic
 - Necesare pentru afișajele cu intrări analogice
 - Afișajele care funcționează în domeniul digital reconvertesc semnalele analogice în formă digitală
- **Porturi video**
 - Permit transferul imaginilor video la monitor
 - Există diferite variante de porturi video
 - VGA (*Video Graphics Array*)
 - VIVO (*Video In Video Out*)
 - DVI (*Digital Visual Interface*)
 - HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*)
 - DisplayPort

2. Memoria video

- Poate fi cu port unic sau cu port dual
- cu port unic
 - Portul de date este utilizat pentru a reîmprospăta ecranul și a înscrive noi date
- cu port dual
 - 1. Care este avantajul unei memorii video cu port dual?
 - Unul din porturi este utilizat pentru actualizarea imaginilor în memorie
 - Al doilea port este cu acces serial și este utilizat pentru reîmprospătarea imaginilor
- Tipuri de memorii
 - **GDDR5**
 - **Caracteristici ale memoriei grafice GDDR5**
 - 2. Care sunt facilitățile de gestiune a energiei consumate ale memoriei video GDDR5?
 - Combină performanța ridicată cu funcționare stabilă și costuri de implementare reduse
 - Organizarea memoriei: $\times 32$
 - Semnal de ceas pentru comenzi (CK, CK#)
 - Semnale de ceas pentru scriere (WCK, WCK#)
 - Doi octeți de date sunt aliniați la un semnal WCK
 - Exemplu pentru o rată a datelor de 5 Gbit/s:
 - $fCK = 1,25 \text{ GHz}$; $fWCK = 2,5 \text{ GHz}$
 - **Inversarea magistralei de date**
 - **Inversarea magistralei de date și de adrese la memoria grafică GDDR5**
 - Reduce numărul biților de zero transmiși
 - Indică cu un semnal DBI# pentru fiecare octet
 - Liniile de transmisie au terminatoare la nivel logic ridicat → se reduce puterea disipată
 - Inversarea magistralei de adrese
 - **Antrenarea semnalelor**
 - **Antrenarea semnalelor la memoria grafică GDDR5**
 - Ajustarea fazei pentru semnalele de ceas, date și adrese
 - Antrenarea liniilor de adrese: alinierea magistralei de adrese la semnalul de ceas CK
 - Alinierea semnalului WCK la semnalul CK
 - Antrenarea liniilor de date: alinierea magistralei de date la semnalul WCK corespunzător
 - Este posibilă o re-antrenare "ascunsă" a datelor

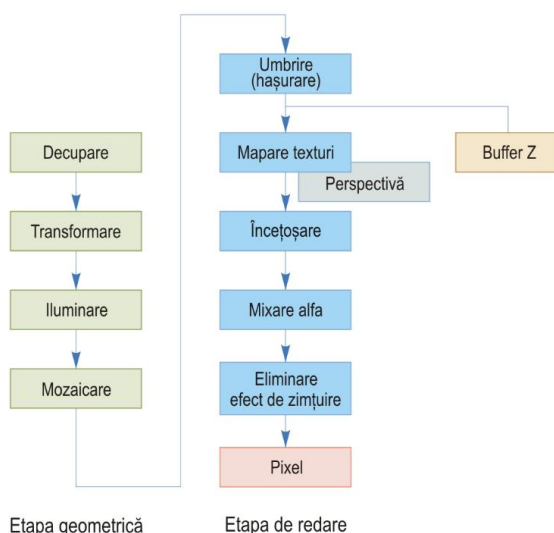
4. Acceleratoare 3D - pentru imagini si operatii 3D

Imagini 3D Reprezentarea obiectelor 3D 3. Care sunt INFORMAȚIILE necesare pentru reprezentarea obiectelor 3D?

- Sunt gestionate utilizând modele abstracte
- Un obiect este reprezentat ca un set de puncte definite prin coordonatele sale x , y și $z \rightarrow$ poziția vârfurilor
- Dacă se conectează vârfurile obiectului prin linii, se obțin suprafețe \rightarrow pot fi umplute cu o anumită culoare sau textură
- Fiecare obiect 3D este compus dintr-un număr mare de triunghiuri (sau poligoane) care descriu suprafața sa
- Grafica 3D animată necesită execuția unei serii de calcule geometrice care definesc poziția obiectelor în spațiul 3D
 - Calculele geometrice care manipulează vârfurile triunghiurilor pot fi executate de UCP sau procesorul grafic
 - Procesorul grafic trebuie să convertească aceste triunghiuri în suprafețe solide \rightarrow sunt necesare calcule intense
- În lumea reală, obiectele interacționează unele cu altele
 - Se utilizează ecuații matematice complexe pentru a determina dacă un obiect este vizibil într-o scenă dintr-un unghi dat
- Pe lângă componentele de culoare, pentru fiecare pixel trebuie memorată și o valoare alfa
 - Indică gradul de transparență al pixelului în imaginea finală
- O altă informație care trebuie memorată: adâncimea în spațiu sau coordonata z
 - Acceleratorul determină valoarea z a pixelilor obiectelor dintr-un plan și le afișează pe cele cu o valoare z mai mică
 - Informația de adâncime a pixelilor este memorată într-un buffer separat \rightarrow *buffer z*
 - De obicei, în bufferul z se alocă 32 de biți pentru fiecare pixel
- La fiecare actualizare a imaginii, trebuie recalculată culoarea și adâncimea pixelilor
 - Aplicarea diferitelor calcule 3D asupra scenei \rightarrow procesul de redare (*rendering*)
 - Se completează toate punctele de pe suprafața obiectului care a fost memorat doar ca un set de vârfuri
 - Pe ecranul monitorului se va desena un obiect solid cu efecte 3D

Operații 3D 4. Care sunt OPERAȚIILE executate în etapa de redare pentru imaginile 3D?

- Operațiile 3D sunt executate în două etape:
 - **Etapa geometrică:** decuparea, transformarea, iluminarea
 - **Etapa de redare:** umbrirea, maparea texturilor cu adăugarea efectului de perspectivă, filtrarea texturilor, mixajul alfa
 - La acceleratoarele 3D actuale, operațiile din ambele etape sunt executate de **procesorul grafic**



Operații 3D executate în etapa geometrică

- Decupare
 - Determină care parte a unui obiect care este vizibilă pe ecran
 - Elimină părțile care nu sunt vizibile
- Iluminare
 - Obiectele sunt modelate de surse de lumină din cadrul scenei
 - Efectele de lumină creează nuanțe ale culorilor, reflexii de lumină, umbre
- Transformare
 - Translatare: deplasarea fiecărui punct cu o distanță fixă în aceeași direcție
 - Reflexie: transformarea unui obiect în imaginea sa în oglindă
 - Reflexie cu glisare: combinarea reflexiei cu translatarea de-a lungul axei de reflexie
 - Scalare: transformare liniară pentru modificarea dimensiunii obiectelor
- Mozaicare
 - Divizarea poligoanelor în structuri mai mici pentru redare
 - Divizarea în triunghiuri: triangulație

Operații 3D executate în etapa de redare

- Umbrire (hașurare)
 - Permite reprezentarea realistă a obiectelor 3D pe un ecran 2D
 - Algoritmi: Gouraud, Phong
 - Citirea informațiilor de culoare ale vârfurilor
 - Interpolarea intensităților pentru componentele de culoare
- Maparea texturilor
 - Adăugarea detaliilor de suprafață (texturi) la poligoanele care reprezintă obiectele
 - Încărcarea unor elemente de textură (*texeli*) dintr-o hartă de biți
 - Combinarea elementelor de textură
 - Scrierea pixelului rezultat în memoria video
 - Aplicarea unei singure texturi
 - Multi-texturare: se aplică o combinație de texturi unui obiect
 - Texturile pot necesita un spațiu ridicat în memorie \rightarrow se utilizează compresia
 - Texturile trebuie corectate pentru a crea efectul de perspectivă
- Filtrarea texturilor
 - Reduce unele efecte nedorite care pot apare la maparea texturilor



- Culoarea unui nou pixel este determinată prin interpolare între culorile mai multor texeli din textura originală
- Filtrarea bi-liniară: se utilizează media ponderată a patru texeli cei mai apropiați de un anumit texel
- Filtrarea tri-liniară
 - Rezoluția texturii este redusă atunci când distanța față de obiect crește
 - Acceleratoarele 3D păstrează în memorie mai multe variante ale texturii → "MIP mapping"
 - Combinarea acestei facilități cu filtrarea bi-liniară
- Încețoșarea
 - Estomparea gradată a obiectelor la distanță
 - Scena va apărea mai realistă → iluzia unor obiecte aflate la distanță
 - Permite execuția mai rapidă a prelucrării 3D
- Mixajul alfa
 - Utilizat pentru a produce efectul de transparență al unor obiecte (de ex., ferestre)
- Eliminarea efectului de zimțuire
 - Liniile oblice: approximate prin combinarea unor segmente verticale cu segmente orizontale → apare efectul de zimțuire
 - Eliminarea acestui efect ("anti-aliasing"):
 - Modificarea culorii pixelilor din apropierea conturilor
 - Se utilizează culoarea de fond mixată gradat cu cea a obiectului
 - Se reduce claritatea conturilor



5. Unități de procesare grafică - GPU

Prezentare generală GPU – Graphics Processing Unit

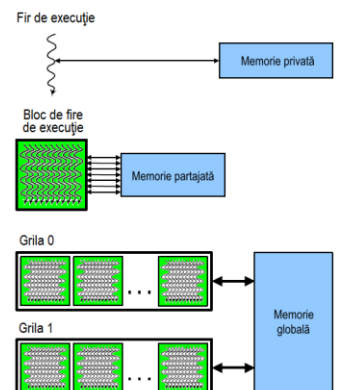
- Procesoare grafice dedicate pentru stații de lucru, calculatoare PC, console de jocuri
 - Utilizate inițial pentru accelerarea etapei de redare a graficii 3D (ex., maparea texturilor)
 - Ulterior utilizate și pentru accelerarea calculelor geometrice (rotire, translație)
- GPU conțin unități pentru umbrire, maparea texturilor, eliminarea efectului de zimțuire etc.
- **Tipuri de unități de umbrire conținute de GPU**
 - **Unități de umbrire pentru vârfuri**
 - Transformă poziția 3D a fiecărui vârf în coordonatele 2D de pe ecran și valoarea de adâncime pentru bufferul z
 - Modifică atributele vârfurilor: poziția, culoarea, coordonatele texturii
 - **Unități de umbrire pentru figuri geometrice**
 - Generează figuri geometrice sau adaugă detalii volumetrice obiectelor
 - **Unități de umbrire pentru pixeli/fragmente**
 - Determină culoarea, adâncimea z și valoarea alfa pentru fiecare pixel sau fragment
 - **Unități de umbrire unificate**
 - Unități programabile
 - Pot executa diferite tipuri de operații de umbrire (vârfuri, figuri geometrice, pixeli)
 - GPU conțin o matrice de unități de calcul și o unitate care distribuie operațiile de executat
 - Arhitectura cu unități programabile permite o utilizare mai flexibilă a resurselor hardware
 - Unitățile programabile se pot utiliza și pentru alte tipuri de calcule
 - Rezultă o arhitectură paralelă flexibilă
- **GPU dedicate și integrate**
 - **GPU dedicate**
 - Utilizate în plăcile grafice → interfațate cu placa de bază printr-o magistrală PCI Express sau interfațată AGP (Accelerated Graphics Port)
 - Au o memorie dedicată pe placă
 - **GPU integrate**
 - Integrate într-un set de circuite sau procesor
 - Utilizează o porțiune a memoriei sistemului
 - Au performanțe mai scăzute comparativ cu GPU dedicate

Calculul GPGPU (General Purpose computing on GPU) Avantaje și dezavantaje ale calculului GPGPU

- (Avantaje) Aplicații GPGPU ideale:
 - seturi mari de date,
 - paralelism ridicat,
 - dependențe reduse
- Dezavantaje ale calculului GPGPU:
 - Programatorii trebuie să cunoască interfețele de programare grafice și arhitectura GPU
 - Problemele trebuie exprimate în termeni de coordonate, texturi, funcții de umbrire
 - Necesitatea utilizării unor limbaje de programare grafice: OpenGL, DirectX, Cg
- Extensii API pentru execuția unor funcții ale programelor pe unitățile GPU: CUDA (NVIDIA), OpenCL (Khronos Group)

Arhitectura CUDA (Compute Unified Device Architecture)

- Un program CUDA apelează funcții nucleu (kernel) → se execută prin fire de execuție organizate în blocuri și grupe (grile) de blocuri
 - **Bloc de fire de execuție în arhitectura CUDA**
 - Set de fire de execuție concurente
 - Comunică printr-o memorie partajată
 - Fiecare fir de execuție are un identificator, registre, memorie privată, intrări, ieșiri
 - **Grilă de blocuri de fire de execuție în arhitectura CUDA**
 - Grup de blocuri cu fire de execuție
 - Blocurile execută aceeași funcție nucleu
 - Asigură sincronizarea între apelurile de funcții dependente între ele
 - Rezultatele sunt partajate într-o memorie globală alocată pentru o aplicație → sincronizare globală



6. Interfețe digitale pentru monitoare

1. Interfața DVI – Digital Visual Interface

- Elaborată de grupul DDWG (*Digital Display Working Group*)
- Destinată monitoarelor cu cristale lichide și proiectoarelor digitale
- Se bazează pe tehnologia PanelLink a firmei Silicon Image → interfață serială pentru date video digitale necomprimate
- Compatibilă parțial cu interfețele
 - HDMI (în mod digital) și
 - VGA (în mod analogic)
- Conține semnale pentru un canal DDC (*Display Data Channel*) între monitor și calculator
 - Implementat prin magistrala serială ACCESS.bus (bazată pe I2C)
 - DDC2 asigură o comunicație bidirecțională între monitor și calculator
 - Permite configurarea automată a sistemului
 - Formatul datelor de configurație este definit de standardul EDID (*Extended Display Identification Data*) → memorie EPROM EDID
- **Protocolul TMDS (*Transition Minimized Differential Signaling*)**
 - Elaborat de firma Silicon Image
 - Se utilizează semnale diferențiale
 - Minimizează numărul de tranziții ale semnalelor din starea 1 în starea 0 și invers → codificare 8b/10b
 - **O legătură TMDS constă dintr-un transmițător TMDS și un receptor TMDS**
 - Conține trei codificatoare identice
 - Intrările fiecărui codificator sunt 8 biți pentru datele pixelilor și 2 biți de control
 - În fiecare ciclu de ceas, codificatorul generează un caracter de 10 biți:
 - Din cei 8 biți de date, sau
 - Din cei 2 biți de control
 - Ieșirea fiecărui codificator este un șir continuu de caractere TMDS serializate
- **Tipuri de conectori**
 - DVI-I (*DVI-Integrated*): conține semnalele digitale pentru o legătură simplă sau duală și semnalele analogice (a)
 - DVI-D (*DVI-Digital-only*): conține doar semnalele digitale (b)

2. Interfața HDMI

- HDMI – *High-Definition Multimedia Interface*
- Interfață audio/video pentru date digitale necomprimate
 - Pentru conectarea surselor A/V la monitoare, aparate TV digitale, aparate audio digitale
- Permite transmiterea pe un singur cablu:
 - Diferite formate video TV și PC
 - Până la 8 șiruri de date audio digitale
 - Date auxiliare și informații de control
- Utilizează protocolul TMDS
 - Semnalele HDMI sunt compatibile electric cu semnalele DVI → adaptor pasiv
 - Perioadă video: pentru pixelii unei linii video active (8b/10b); conține intervalele de stingere pe orizontală și pe verticală
 - Perioadă de date: pentru pachete de date audio și auxiliare (4b/10b) → surdină audio, număr de culori, spațiu de culori
 - Perioadă de control: între perioadele video și de date
- **Versiunea 1.4 (2009)**
 - Aceeași lățime de bandă
 - Rezoluții 4K × 2K: 3840 × 2160p (Quad HD) la 24, 25 sau 30 Hz; 4096 × 2160p la 24 Hz
 - Canal HDMI Ethernet (100 Mbit/s)
 - Canal de retur audio (ARC)
 - Formate 3D stereoscopice
 - Conector micro HDMI (tip D)
 - Sistem de conectare pentru automobile
- Versiunea 1.4a (2010)
 - Specifică două noi formate 3D obligatorii
- Versiunea 1.4b (2011)
 - Suport pentru rezoluția de 1920 × 1080p, 120 Hz
- **CEC (*Consumer Electronics Control*)**
 - Magistrală serială bidirecțională cu un fir pentru transferul codurilor telecomenzilor
 - *One Touch Play, System Standby, Tuner Control*
 - Utilizatorul poate controla mai multe aparate conectate prin HDMI cu o telecomandă
 - Aparatele se pot comanda unele pe altele fără intervenția utilizatorului
 - Nume alternative: Anynet+ (Samsung), BRAVIA Link (Sony), EasyLink (Philips)

3. Interfața DisplayPort

Prezentare generală

- Elaborată de asociația VESA (Video Electronics Standards Association)
- Destinată înlocuirii interfețelor DVI și VGA, ca și a protocolului LVDS (Low-Voltage Differential Signaling)
- Interfețele DisplayPort și HDMI pot exista simultan în echipamentele electronice
- Versiuni ale specificațiilor DisplayPort
 - Versiunile 1.0, 1.2: publicate în 2006, 2009
 - Versiunea 1.3: publicată în 2014
 - Versiunea 1.4: publicată în 2016
- Legătură principală (unidirecțională)
 - 1, 2, sau 4 canale
 - Protocolul de transmisie este bazat pe micro-pachete □ date ale pixelilor și audio
 - Codificare 8b/10b □ semnalul de ceas este inclus în șirul de date
- Canal auxiliar (AUX) (bidirecțional)
 - Pentru controlul dispozitivelor și date auxiliare
 - Mod implicit (standard): codificare Manchester
 - Mod rapid: codificare 8b/10b
- Permite conexiuni externe și interne
 - Pentru conexiuni interne ale calculatoarelor portabile: Embedded DisplayPort (eDP)
- Cabluri de cupru sau fibră optică
- **Îmbunătățiri în versiunea 1.2**
 - Lățimea de bandă este dublată □ rezoluții înalte

- Șiruri audio/video multiple independente
 - Până la 63 de șiruri A/V printr-o singură conexiune
- Viteză mai ridicată a canalului auxiliar
 - Periferice USB, camere video, date ale ecranului tactil
- Suport pentru imagini 3D stereoscopice
- Adăugarea conectorului Mini DisplayPort (Apple)

Arhitectura DisplayPort

Canalul auxiliar

- Mod implicit: 1 Mbit/s (~200 Kbiți/s duplex)
- Mod rapid: 720 Mbiți/s (~200 Mbiți/s duplex)
- Utilizat de sursa video (GPU) pentru a identifica posibilitățile monitorului
 - Posibilități de afișare: citirea memoriei EDID a monitorului
 - Suport pentru protecția conținutului video: comunicarea cheilor HDCP (High-bandwidth Digital Content Protection)
- Permite menținerea integrității legăturii
 - Monitorul poate notifica sursa video dacă au apărut erori ale datelor pe legătura principală
- Poate transporta date auxiliare
 - Date de la o cameră și microfon, date USB 2.0
- Se poate utiliza pentru a controla setarea și funcționarea monitorului
 - Suport pentru standardul VESA MCCS (*Monitor Control Command Set*): comenzi pentru controlul proprietăților monitorului → canal I2C

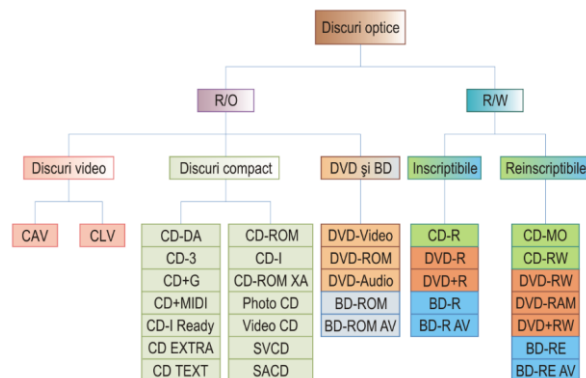
Interfața Embedded DisplayPort (eDP)

- Permite conectarea adaptoarelor grafice la panourile de afișare ale calculatoarelor portabile
- De obicei, se utilizează o interfață bazată pe protocolul electric LVDS (de ex., LDI)
- Se bazează pe standardul DisplayPort
 - Aceeași interfață electrică
 - Același protocol digital de bază
- Poate utiliza același port video GPU ca și conexiunile DisplayPort externe
- Date transferate pe legătura principală:
 - Date ale pixelilor și sincronizare (ex., ceasul de pixel)
 - Informații despre formatul video (ex., spațiul culorilor, bpp)
 - Cod ECC pentru datele video
- Date transferate pe canalul AUX:
 - Informații EDID
 - Controlul afișării: luminozitate; control dinamic al luminii de fond; control al ratei cadrelor
 - Controlul consumului de energie

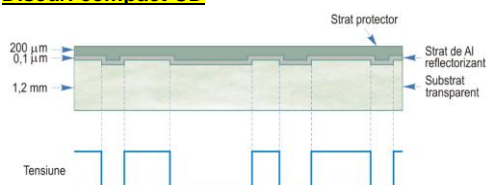
Avantaje față de interfețele LVDS

- Un singur conector (date, control, alimentare)
- Număr redus de conexiuni □ cablu simplificat
 - Exemplu pentru o rezoluție de 1920 × 1080, 24 bpp: 4 fire de semnal față de 20 de fire de semnal
- Interferențe electromagnetice mai reduse
- Permite noi posibilități de control al afișajelor
- Consum redus de energie (de ex., facilitarea de auto-reîmprospătare a afișajului)
- Protocolul bazat pe pachete este extensibil
- Permite controlare cu grad ridicat de integrare

7. DISCURI OPTICE

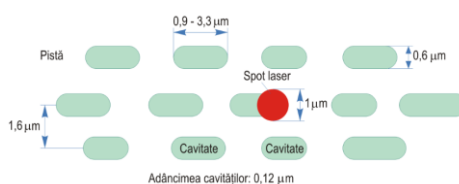


Discuri compact CD



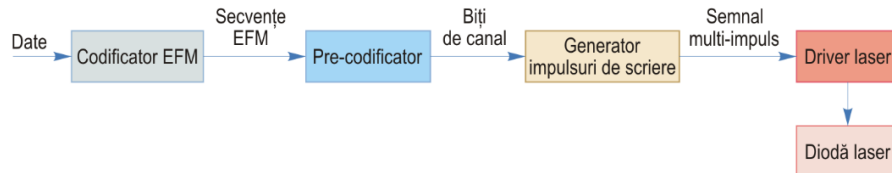
- Suportul fizic al discurilor compact

- Diametrul: 12 cm; grosimea: ~1,2 mm
- Datele sunt înregistrate sub forma unor cavități ("pits") plasate între spații plate → suprafețe ("lands")
- Grad de reflexie diferit pentru cavități și suprafețe
- Datele sunt înregistrate pe o singură spirală
- Distanța între două piste consecutive: 1,6 μm
- Lungimea de undă a razei laser: 780 nm



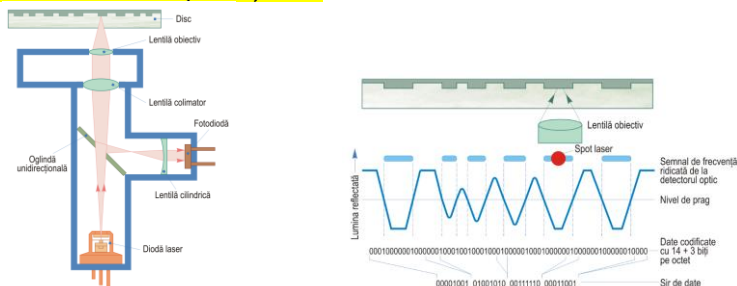
- Organizarea și codificarea datelor pe discurile compact

- La nivelul cel mai scăzut, datele sunt înregistrate sub formă de cavități și suprafețe
 - Datele sunt codificate → densitate de înregistrare ridicată; recuperarea erorilor
- La următorul nivel, datele sunt organizate în cadre, sectoare și piste
- Specificațiile High Sierra (standardul ISO 9660) definesc un sistem de fișiere
 - Extensii: Rock Ridge, HFS, Joliet
- Biții sunt înregistrați pe suport prin metoda NRZI (*Non Return to Zero Inverted*)
 - Bit 1: tranziție cavitate ↔ suprafață
 - Bit 0: lipsa unei tranziții
- Înainte de înregistrare, biții de date sunt modulați
 - Evitarea unor șiruri foarte scurte sau foarte lungi de biți consecutivi de 0 sau 1
- Metoda de modulare: EFM (*Eight-to-Fourteen Modulation*)
 - Un octet de date este reprezentat prin 14 biți
 - Sunt adăugați 3 biți de legătură
- Sistem de înregistrare pentru discuri CD



- Datele sunt divizate în blocuri → cadre
- Structura unui cadru:
 - Antet de sincronizare
 - Octet de control
 - 2×12 octeți de date
 - 2×4 octeți pentru detecția și corecția erorilor (CIRC - *Cross Interleaved Reed-Solomon Code*)
- Nivele de corecție a erorilor** Sistemul de detecție și corecție a erorilor utilizat în interiorul cadrelor: CIRC (*Cross Interleaved Reed-Solomon Code*)
 - Integrat la nivel hardware în unitățile de discuri
 - Două componente:
 - Componenta "cross interleave" divizează erorile lungi în mai multe erori scurte
 - Componenta "Reed-Solomon" asigură corecția erorilor
- Sector: 98 cadre
 - 98 octeți de control
 - $24 \times 98 = 2352$ octeți de date
 - $8 \times 98 = 784$ octeți pentru detecția și corecția erorilor
- Format similar cu cel de la discurile audio
- Pentru accesul direct la fiecare sector, se utilizează octeți de sincronizare și un antet care conține adresa sectorului
- Rata erorilor pentru metoda CIRC: 10⁻⁹ → insuficientă pentru discurile de date
- Pentru discurile de date este prevăzut un al doilea nivel de detecție și corecție a erorilor
 - 4 octeți pentru detecția erorilor (EDC)
 - 276 octeți pentru corecția erorilor (ECC)
- L-EC (*Layered Error Correction*), rata 10⁻¹²
- Codul pentru detecția erorilor: cod ciclic redundand (*Cyclic Redundancy Check* – CRC)
- Codul de corecție a erorilor: Reed-Solomon

- Ansamblul optic de citire - structura și funcționare

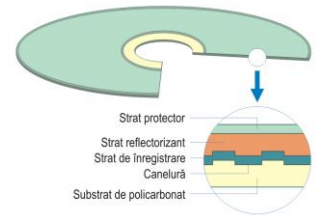


- Dioda laser emite un fascicul în infraroșu
- Fasciculul este focalizat pe suprafața discului
- Fasciculul este poziționat cu un servomecanism
- O parte a fasciculului este reflectată și dirijată către o fotodiodă → semnal electric
- Mecanismul de poziționare
 - Deplasează oglinda și sistemul de lentile
 - Ansamblul optic se deplasează pe un set de șine
 - Poziționarea precisă pe o pistă se realizează cu un microcontroler și un sistem servo electronic
 - Sistemul servo măsoară nivelul semnalului și ajustează poziția ansamblului de citire
 - Sistemele obișnuite utilizează trei fascicule:
 - Fasciculul laser este divizat în trei fascicule cu o prismă polarizată
 - Se măsoară intensitatea fasciculelor laterale → semnal pentru corecția poziției fasciculului
 - Compensarea deplasării verticale:
 - Fotodioda este împărțită în patru cadrante
 - La deviația discului, spotul devine eliptic → semnalele generate de cadrante vor diferi
 - Lentila obiectiv este deplasată corespunzător

• Tehnologia TrueX

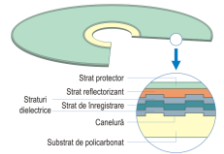
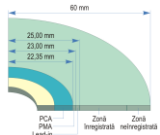
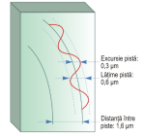
- Permite creșterea performanței unităților de discuri optice
- Se utilizează mai multe fascicule laser pentru scanarea simultană a mai multor piste
- Circuit integrat care conține: procesor de semnal, controler servo, decodor, sistem de corecție a erorilor, interfață ATAPI

- Circuit extern: interfață SCSI, USB
- Fasciculul laser este divizat cu un grilaj de difracție
- Fasciculele trec prin oglinda unidirecțională
- Focalizarea: obținută cu fasciculul central
- Rate de transfer mai ridicate la viteze de rotație mai reduse → reducerea vibrațiilor



Discuri CD-R (CD Recordable)

- **Scrierea:** modificarea proprietăților reflectorizante ale unei vopsele organice
- Vopsele organice fotosensibile:
 - Cianină (albastru cian)
 - Ftalocianină (albastru verzui)
 - Azo (albastru închis)
- Pentru protecția împotriva oxidării, stratul de vopsea se acoperă cu un strat de metal (aur sau aliaj de argint)
- **Scrierea:** cu o rază laser care încălzește în mod selectiv anumite zone
 - În zonele încălzite, vopseaua organică își schimbă compoziția chimică
 - Zonele “arse” reflectă lumina într-o măsură mai redusă → corespund cavităților
 - Zonele “nearse” reflectă lumina într-o măsură mai mare → corespund suprafețelor
- Discul poate fi citit de unitățile obișnuite
- Discul este gravat cu o **canelură spiralată**
 - Similară cu spirala de pe un disc CD obișnuit
 - **Canelura** este utilizată de unitatea CD-R în timpul înregistrării pentru urmărirea căii de date de pe disc
 - Dacă discul ar fi complet neformatat, înscrierea pistelor spiralate ar fi dificilă
 - Canelura are o excursie (deviație) sinusoidală de 0,3 μm la o frecvență de 22,05 KHz
- **Zona de memorare** a programului (PMA – Program Memory Area)
 - Conține numerele pistelor pentru titlurile înregistrate și adresele lor de început și de sfârșit
- Zona de calibrare a puterii (PCA – Power Calibration Area)
 - Se utilizează pentru calibrarea puterii laserului → înregistrare de încercare
 - Puterea optimă depinde de: viteza de înregistrare, temperatura ambiantă, umiditate, tipul discului



Discuri CD-RW (CD ReWritable)

- Specificații definite în documentul “Orange Book”, partea a III-a
- Stratul de vopsea este înlocuit cu un strat de înregistrare cu schimbare de fază
- **Scrierea**
 - Stratul de înregistrare se încălzește la o temperatură peste punctul de topire
 - Cristalele ajung într-o fază amorfă
 - Dacă răcirea este rapidă, starea amorfă se menține
- **Ștergerea**
 - Stratul de înregistrare este încălzit sub punctul de topire, dar deasupra punctului de cristalizare
 - Temperatura este menținută un timp mai mare decât timpul minim de cristalizare
- **Rescrierea**
 - Sunt create noi cavități utilizând fasciculul laser pentru scriere
 - Se utilizează un fascicul laser constant pentru a crea noi suprafețe cristaline
 - Procesul poate fi repetat în jur de 1000 de ori

Discuri DVD - DVD – Digital Video Disc, Digital Versatile Disc

- Elaborat de DVD Consortium → transformat în DVD Forum (www.dvdforum.org)
- Caracteristici:
 - Până la patru straturi
 - Capacitatea este mai ridicată: 4,38 GB (un strat), 15,9 GB (patru straturi)
 - Dimensiunile cavităților sunt mai reduse
 - Distanța între piste este mai redusă
 - Lungimea de undă a razei laser: 650 nm

DVD-ROM - Organizarea liniei, sectoare, blocuri

- Dimensiunea sectorului: 2064 B (2048 B de date)
- **Sectorul este împărțit în 12 linii × 172 B**
 - Prima linie conține antetul sectorului (12 B)
 - Identificatorul (ID) sectorului (4 B)
 - Cod pentru corecția erorilor ID (2 B)
 - Zonă rezervată (6 B)
 - Următorii 160 B din prima linie conțin date
 - Ultima linie conține 4 B pentru detecția și corecția erorilor zonei de date
- Un număr de **16 sectoare formează un bloc**
 - Sectoarele sunt plasate dispersat pe disc
 - Se adaugă 10 B liniilor din fiecare sector pentru codul de corecție a erorilor (ECC)
 - Un bloc conține 16 linii suplimentare pentru codul ECC
 - Rezultă un bloc de 37.856 B

DVD-R

- A fost dezvoltat de firma Pioneer
- Formatul este aprobat de DVD Forum
- Utilizează o tehnologie asemănătoare cu cea a discurilor CD-R
 - Vopselele organice sunt diferite
- Două variante: DVD-R(A) și DVD-R(G)
- **DVD-R(A) (Authoring)**
 - Destinat aplicațiilor profesionale: arhivare, producția discurilor
 - Lungimea de undă a razei laser: 635 nm
- **DVD-R(G) (General purpose)**
 - Destinat aplicațiilor obișnuite (de consum)
 - Lungimea de undă a razei laser: 650 nm
 - Costul unităților și al suportului este mai redus comparativ cu cel al DVD-R(A)

DVD+R

- A fost dezvoltat de *DVD+RW Alliance* (www.dvdrw.com)
- Formatul nu este aprobat de *DVD Forum*
- Discurile se pot înregistra o singură dată
- Capacitatea: 4,37 GB (SL); 7,92 GB (DL)
- Unitățile DVD+R nu sunt compatibile cu unitățile DVD-R
 - De obicei, unitățile sunt hibride: DVD±R
- Discul este gravat cu o **canelură spiralată** având o deviație sinusoidală
 - Frecvența sinusoidelor: 817 KHz (la viteza 1x)
 - Permite poziționarea corectă a spotului și controlul vitezei de rotație
 - Metoda utilizată pentru înregistrarea adreselor de blocuri: ADIP (*ADdress In Pre-groove*)
 - Informațiile de adresare sunt înregistrate prin modulația în fază a sinusoidelor
- **Îmbunătățiri față de tehnologia DVD-R**
 - Sistemul de control al poziției spotului și de adresare ADIP este mai puțin susceptibil la interferențe și erori
 - Fiabilitate mai ridicată la viteze mai mari
 - Sistemul de gestiune al erorilor este mai robust
 - Scriere mai precisă, indiferent de calitatea suportului
 - Înlănțuirea mai precisă a sesiunilor multiple

DVD-RW

- A fost dezvoltat de firma Pioneer
- Formatul este aprobat de *DVD Forum*
- Provine din formatul DVD-R(A)
- Pentru suportul fizic se utilizează tehnologia cu schimbare de fază
 - Gradul de reflexie este mai redus (18..30% față de 45..80% pentru DVD-ROM)
 - Primele unități confundau discurile DVD-RW cu discurile DVD-ROM cu două straturi
- Discurile neînregistrate conțin:
 - Informații de adresare între caneluri
 - O pistă *lead-in* → protecția la copiere
- Avantaje:
 - Posibilitatea ștergerii și rescrierii
 - Dacă există erori de scriere, discul poate fi utilizat prin ștergerea datelor eronate
 - Discurile DVD-RW pot fi citite de majoritatea unităților DVD actuale
- Numărul de rescrieri: ~1000

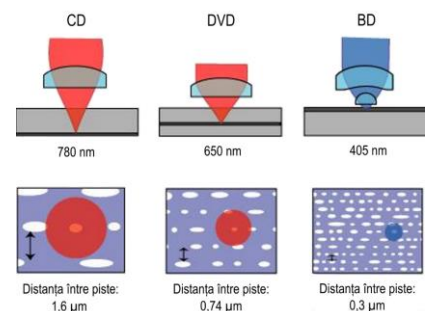
DVD+RW

- A fost dezvoltat de *DVD+RW Alliance*
- Formatul nu este aprobat de *DVD Forum*
- A fost elaborat ca un suport cu acces aleatoriu
- Intenția era de a asigura compatibilitatea cu unitățile DVD obișnuite
 - Totuși, unitățile DVD+RW nu sunt compatibile cu unitățile DVD-RW
 - De obicei, unitățile sunt hibride, DVD±RW
- Se utilizează aceeași tehnologie cu schimbare de fază ca și la discurile CD-RW și DVD-RW
- Pentru înregistrare se poate utiliza și metoda CAV (pe lângă metoda CLV)
 - Cresc performanțele la accesul aleatoriu
 - Scade energia consumată
- Se utilizează același tip **de canelură spiralată ca și la discurile DVD+R**
 - Codifică adresele blocurilor de 32 KB
 - Fiecare grup de 2 KB poate fi localizat precis → grupurile pot fi rescrise independent
- Deviația sinusoidală cu o frecvență ridicată a canelurii permite înlănțuirea fără pierderi
 - La alte discuri reinscriptibile, o parte din blocuri sunt alocate ca blocuri de legătură → începutul și sfârșitul scrierii
 - La discurile DVD+RW, nu sunt necesare blocuri de legătură → continuarea scrierii după o zonă scrisă cu o precizie de 1 μm
- Sistem automat de gestiune a defectelor → zonele cu defecte sunt mascate

Discuri Blu-ray BD – Blu-ray Disc

Caracteristici generale ale discurilor Blu-ray

- Au fost dezvoltate de *Blu-ray Disc Association* (BDA), www.blu-raydisc.info
- Diametru de 12 cm sau 8 cm
- Capacitate mai ridicată față de discuri DVD:
 - Un strat (SL): 23,3 GB (25 GB în zecimal)
 - Două straturi (DL): 46,5 GB (50 GB în zecimal)
 - Trei straturi (TL): 93,1 GB (100 GB în zecimal)
 - Patru straturi (QL): 119,2 GB (128 GB în zecimal)
- Lungimea de undă (λ) a fascicului laser este 405 nm (albastru-violet)
- Dimensiunile cavităților sunt mai reduse
 - Lungimea minimă: 0,15 μm (0,4 μm la DVD)
- Distanța între piste este mai redusă
 - 0,32 μm (0,74 μm la discuri DVD)
- Apertură numerică (AN) a lentilei obiectiv este mărită
 - 0,85 (0,6 la discuri DVD)
- Efectele aberațiilor optice cresc prin reducerea lungimii de undă λ și creșterea AN
 - Defocalizarea: cauzată de servomecanismul de focalizare; proporțională cu AN²
 - Eroarea unghiului de refracție: apare atunci când axa optică a lentilei obiectiv nu este perpendiculară pe disc; proporțională cu AN³
 - Aberația sferică: determinată de neuniformitatea grosimii stratului de acoperire; proporțională cu AN⁴
- Eroarea unghiului de refracție: proporțională cu grosimea stratului de acoperire
- **Compensarea erorii unghiului de refracție:** reducerea grosimii stratului de acoperire
 - S-a ales o grosime de 100 μm
- Codificarea datelor este mai eficientă
- Modularea: 17PP (1,7 *Parity-Preserve*)
 - Satisfacă restricțiile unui cod (1, 7) RLL (*Run-Length Limited*)
 - Păstrează paritatea șirului de biți sursă



- Se inserează un bit suplimentar (1 sau 0) în șirul de biți sursă la intervale definite
 - Codul 17PP nu permite apariția unui număr repetat de secvențe cu lungimea minimă → ar conduce la nivele reduse ale semnalului
- Primele discuri necesitau un cartuș protector
- Discurile actuale sunt acoperite cu un strat protector dur → cartușul nu este necesar
 - Rășină pe bază de bioxid de siliciu
 - Strat transparent și subțire (2 .. 5 μm)
 - Protejează împotriva efectelor lovirii accidentale
 - Împiedică depunerea prafului și a amprentelor → material conductor
- Tipuri de discuri Blu-ray
 - BD-RE (BD-Rewritable)
 - BD-R (BD-Recordable)
 - BD-ROM
 - Fiecare tip are și un format AV (Audio Visual)
- Viteze de scriere și de citire
 - Rata de transfer la viteză 1x: 36 Mbiți/s
 - Viteze mai ridicate: 2x, 4x, ..., 12x
- Metode de rotație a discului
 - Viteză liniară constantă (CLV): aprox. 4,9 m/s la o viteză de 1x
 - Viteză unghiulară constantă (CAV): viteza de rotație este constantă
 - Viteză liniară constantă pe zone (ZCLV): discul este împărțit în zone; în fiecare zonă se utilizează, treptat, o viteză CLV mai mare
 - Viteză unghiulară constantă parțial (PCAV): CAV (aproape de centru) + CLV

Discuri BD-R/RE

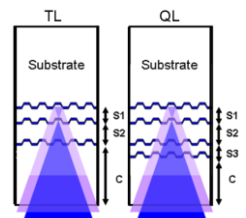
- Discuri BD-R
 - Utilizează o vopsea organică sau un material anorganic ca strat de înregistrare
 - Material anorganic: Si + aliaj Cu → aliaj CuSi
- Discuri BD-RE
 - Utilizează aceeași tehnologie cu schimbare de fază ca și discurile CD-RW, DVD±RW
- Ambele tipuri de discuri **conțin o canelură spiralată**
 - Utilizată pentru controlul urmăririi pistei și generarea unui semnal de ceas pentru scriere
- Canelura este modulată prin deviații
 - Amplitudinea deviațiilor: ± 10 nm
- Deviațiile sunt modulate suplimentar pentru adăugarea informațiilor de adresare și auxiliare
- Metoda de adresare: ADIP (Address In Pre-Groove)**
 - Diferită de metoda ADIP utilizată pentru discurile DVD+R și DVD+RW
 - Unitate ADIP: un singur bit al adresei
 - Lungime de 56 deviații (56 x 5 μm = 280 μm)
 - Trei deviații MSK: sincronizare
 - Deviații monotone: 11 (bit de 0) sau 9 (bit de 1)
 - 37 deviații STW: diferite pentru un bit de 0 sau 1
 - Cuvânt ADIP: 83 unități ADIP
 - Adresa de 24 biți; date auxiliare de 12 biți; ECC

Discuri BDXL

- Specificațiile High Capacity BD
 - Elaborate de Blu-ray Disc Association
 - Definesc formatele pentru discurile BD-RE și BD-R cu trei straturi (TL) și patru straturi (QL)
 - Utilizează aceiași parametri de bază ca și discurile SL și DL: lungime de undă, AN, distanță între piste etc.
 - Modificările pentru obținerea capacității ridicate sunt minimizate
 - Grosimea și densitatea liniară pentru fiecare strat
 - Parametrii fizici ai discurilor BDXL-RE și BDXL-R sunt optimizați: reflectivitatea, puterea laserului
- Discuri BDXL-RE
 - Sunt specificate doar discuri TL
 - Capacitate pe strat: 33,3 GB (total: 100 GB)
 - Viteză de scriere: 2x (72 Mbiți/s)
- Discuri BDXL-R
 - Discuri TL: cu o singură față sau cu două fețe
 - Capacitate pe strat: 33,3 GB
 - Discuri TL cu o față: capacitate de 100 GB
 - Discuri TL cu două fețe: capacitate de 200 GB; acoperite cu un cartuș fix; utilizate pentru dispozitive profesionale
 - Discuri QL: cu o singură față
 - Capacitate pe strat: 32 GB (total: 128 GB)
 - Viteze de scriere: 2x (72 Mbiți/s), 4x (144 Mbiți/s)

Două tipuri de interferențe optice

- Diafonie optică de la straturile adiacente**
 - Cauzată de semnale care trec de la un strat la altul
 - Grosimea stratului de spațiere trebuie să fie mai mare de 10 μm
- Interferență optică între straturi**
 - Cauzată de semnalele reflectate de straturile de înregistrare
 - Semnalele reflectate interferează cu semnalul principal
 - Diferența de grosime între stratul de acoperire și straturile de spațiere trebuie să fie > 1 μm



Formatul BD-R/RE AV

- Destinat pentru înregistrarea și redarea transmisiunilor TV pe discuri BD-R și BD-RE
 - Aprox. 2 ore de material HD sau 12 ore de material SD pe un disc cu un strat
- Multiplexarea video și audio: se utilizează formatul MPEG-2 *Transport Stream*
 - Pachete de 188 B
 - Se multiplexează canale multiple (TV, audio) și informații ale ghidului electronic al programului (EPG)
- Discurile BD-R/RE AV acceptă și date de la un înregistrator video HD
 - Șiruri în formatul MPEG-2
- Două nivele ale structurii de organizare pentru gestiunea datelor AV

- Nivelul clipurilor: conține șiruri de transport parțiale și fișiere de informații ale clipurilor
- Nivelul listelor de redare: utilizatorul poate vizualiza, edita și grupa clipurile prin fișiere ale listelor de redare

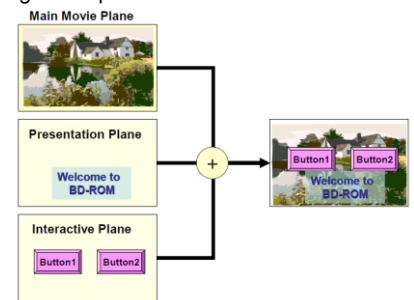
Discuri Blu-ray Ultra HD

- Destinate distribuției filmelor UHD 4K
- Specificații: BD-ROM vers. 2.0 (2015)
- Discuri cu două straturi (DL) și trei straturi (TL)
- Discuri DL (50 GB)
 - Aceeași structură ca și discurile BD-ROM DL
 - Nu pot fi redate cu unități proiectate pentru formatul BD-ROM vers. 1.x
- Discuri DL (66,7 GB)
 - Capacitate de 33,3 GB pe strat
 - Lungime redusă a unui bit de date: 83,8 nm
 - Viteză nominală redusă (1x): 3,6 m/s
- Discuri TL (100 GB)
 - Aceiași parametri pe strat ca și discurile DL cu capacitatea de 66,7 GB
- Ratele de transfer necesare sunt mai ridicate decât cele pentru filmele HD
 - Pot fi necesare viteze de rotație mai mari
 - Specificațiile limitează viteza maximă de rotație a discului la 5000 rot./min
 - Opțiuni pentru rata de transfer (*Transfer Rate* – TR): Default TR; Low TR; High TR
 - Cu opțiunea High TR, viteza de rotație a discului ar depăși 5000 rot./min în partea interioară a zonei de date
 - Două zone: LTR (partea interioară), HTR
 - Zona LTR: rata implicită; zona HTR: rata maximă

Formatul BD-ROM AV

Modul HDMV

- Șirul multiplexat poate fi extins cu șiruri individuale înregistrate separat → sunt decodificate în același timp
- Facilități: subtitrare, meniuri, sunete
- Imaginea redată: formată prin suprapunerea a cinci plane de imagini independente
- Planul BD-J de fundal
- Două plane video (primar, secundar): permit facilitatea “picture-in-picture” (PiP)
 - Planul graficii de prezentare: subtitrare
 - Planul graficii interactive: meniuri grafice (informații, butoane pentru navigare)
- Metode de **codificare video** (BD-ROM 1.x):
 - MPEG-2
 - MPEG-4 AVC (H.264)
 - VC-1 (*Microsoft Windows Media*)
- Metode de **codificare video** (Ultra HD):
 - MPEG-4 AVC: rezoluție 1920 x 1080; 24p
 - HEVC (*High Efficiency Video Coding*, H.265)
 - Succesorul metodei MPEG-4 AVC
 - Rezoluție de 1920 x 1080 sau 3840 x 2160; 24p, 25p, 50p, 60p
- Până la 32 de șiruri audio cu până la 8 canale fiecare (24 de biți, 192 KHz)
- Metode de codificare audio obligatorii:
 - LPCM (*Linear PCM*)
 - Dolby Digital (AC-3)
 - DTS (*Digital Theater System*)
- Metode de **codificare audio** opționale:
 - Dolby Digital Plus
 - Codificare fără pierderi: Dolby TrueHD, DTS-HD Master Audio



Modul BD-J

- Extinde posibilitățile modului HDMV
- Animații cu acuratețe la nivel de cadru
- Audio interactiv
- Conexiune la Internet și la rețea
- Controlul unităților locale de stocare
- Extinderea conținutului: jocuri, acces la materiale online, limbi suplimentare
 - Compatibil cu Java 2 Micro Edition (J2ME)
 - Exemplu de aplicație: Controlul redării
 - Redarea unui clip introductiv al filmului
 - Selecția limbii și a capitolului
 - Afișarea unor informații despre film
- Exemplu de aplicație: Actualizarea subtitrării
 - Obținerea unor subtitrări într-o altă limbă
 - Descărcarea subtitrărilor de la editor sau de pe un sit dedicat
- Exemplu de aplicație: Jocuri
 - Set de jocuri înregistrate într-un titlu de pe disc
 - Jocuri descărcate de la editor

