

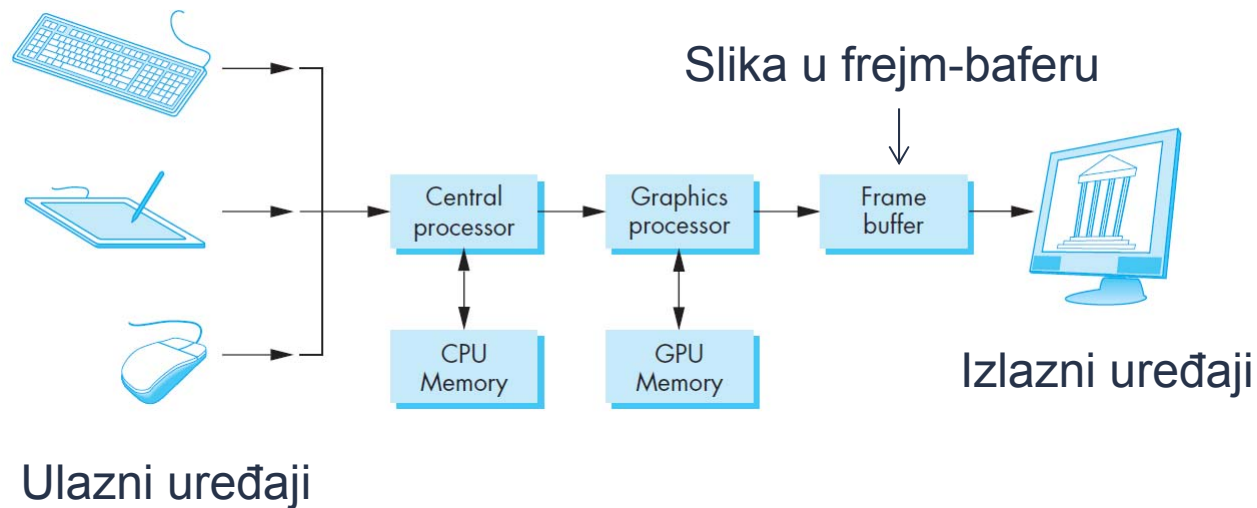
**Računarska grafika**  
(20ER7002)

# **Hardver računarske grafike**

**Predavanja**



# Grafički hardver



# Ulazno/izlazni uređaji

- Sve komponente računara su značajne za rad računara, ali ipak, najveći značaj za računarsku grafiku imaju **ulazno/izlazni uređaji** kod računara. Za upravljanje računarom korisnici koriste **ulazne uređaje**, a za prikazivanje rezultata obrade **izlazne uređaje**.

# Ulazni uređaji

- **Ulazni uređaji** prihvataju podatke i instrukcije od korisnika i konvertuju ih u formu koju računar može razumeti.
- Generalno, sve ulazne uređaje možemo podeliti na:
  - ▷ analogne i
  - ▷ digitalne.

# Ulazni uređaji

## ■ Analogni



Džojstik  
Miš  
Trackbal  
...

## ■ Digitalni

Svetlosno pero  
Ekрани osetljivi na dodir  
Digitalne kamere  
Skeneri  
...

# Analogni uređaji

- **Analogni uređaji** na svom izlazu generišu napon koji se kasnije u računaru pretvara u digitalni podatak. U ovu grupu uređaja spadaju miš, kotrljajuća kugla (*trackball*), džojstik...

# Digitalni uređaji

- **Digitalni uređaji** na svom izlazu generišu odmah digitalne podatke. U ovu grupu uređaja spadaju svetlosno pero, ekrani osetljivi na dodir, digitalne kamere, skener...

# Primeri U/I uređaja



miš



tastatura



svetlosna olovka ili stilus



Touchpad



Trackball



Džojstik



Ekran osetljiv na dodir



Gamepad



# Logički tipovi U/I uređaja

- Prema ulozi u sistemu, svi ulazni uređaji se mogu svrstati u osam logičkih tipova:
  1. **Lokator** (pokazuje poziciju i orijentaciju) - grafička tabla, miš, džojstik.
  2. **Valuator** (za unos jednog realnog broja) – potencijometar.
  3. **Tastatura** (za unos znakovnog niza).
  4. **Pokazivač** (za izbor elemenata slike) - svetlosno pero (*stilus*).
  5. **Dugme** (za izbor neke akcije iz skupa mogućih alternativa).
  6. **Uređaji za unos slike, videa i 3D modela.**
  7. **Uređaji za unos zvuka.**
  8. **VR ulazni uređaji.**

# Lokatori

- Miš
- Touchpad
- Trackball
- Ekрани osetljivi na dodir
- ...

# Uređaji za unos slike, videa i 3D modela

- U novije vreme, značajnu ulogu imaju i **uređaji za unos slike, videa i 3D modela**. U ovu grupu spadaju:
  - ▷ Za unos slika: dvodimenzionalni (2D) skener, digitalni fotoaparati.
  - ▷ Za unos video podataka: digitalne i web kamere.
  - ▷ Za unos 3D modela: trodimenzionalni (3D) skeneri

# Ručni skener



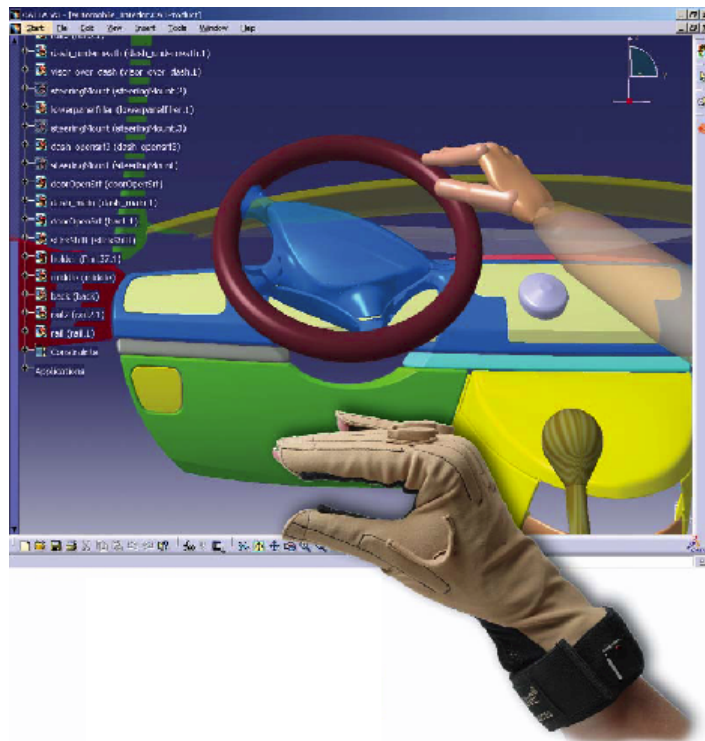
# Uređaji za unos zvuka

- U **uređaje za unos zvuka** ubrajamo:
  - ▷ mikrofone,
  - ▷ digitalne diktafone i
  - ▷ digitalne snimače zvuka

## Virtual reality uređaji

- Poslednju grupu ulaznih uređaja čine **uređaji koji se koriste u oblasti virtuelne realnosti (VR)**. Tu spadaju različite vrste VR rukavica kao i različite vrste uređaja za detekciju ljudskih pokreta.

# VR rukavice



# Uređaji za detekciju pokreta



**Wii**  
Wireless Motion Remote Controller





# Uređaji za detekciju pokreta



Kinect sensor bar

# Izlazni uređaji

- **Izlazni uređaji** služe za praćenje rada računara kao i za predstavljanje rezultata obrade u formi razumljivoj za korisnika.
- Generalno, sve izlazne uređaje možemo podeliti na :
  - ekrane (monitore, displeje),
  - projektore,
  - štampače,
  - zvučnike i
  - VR izlazne uređaje.

# Izlazni uređaji

- Ekрани, projektori, štampači i deo VR izlaznih uređaja spadaju u, takozvane, **prikazne izlazne uređaje**. Prikazne izlazne uređaje možemo podeliti na:
  - ▷ vektorske i
  - ▷ rasterske.

# Vektorski uređaji

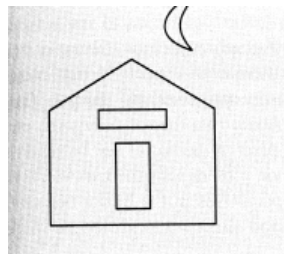
- Kod **vektorskih** izlaznih uređaja se svi objekti koji se prikazuju zadaju koordinatama svojih karakterističnih tačaka koje određuju taj objekat.

# Rasterski uređaji

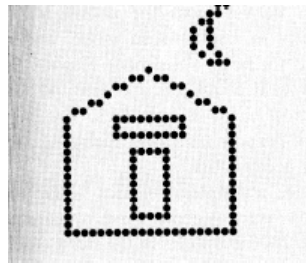
- Kod **rasterskih** izlaznih uređaja se svi objekti koji se prikazuju zadaju kao raster (matrica). Rasterski podaci predstavljaju takvu strukturu podataka čiji su elementi - ćelije (pikseli) organizovani u kolone i vrste. Vrednost svake ćelije predstavlja neko njeno svojstvo. Različiti skupovi ćelija se koriste za predstavljanje različitih oblika.

# Izlazni uređaji

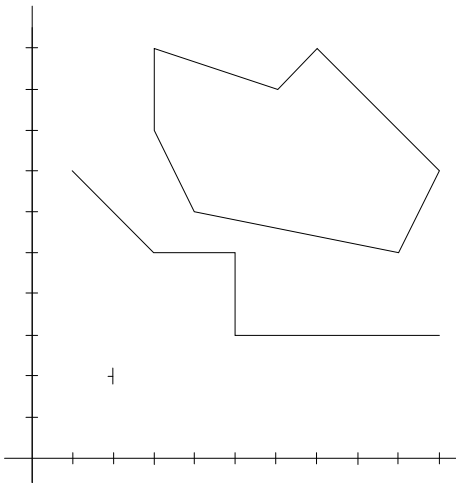
- Vektorski uređaji



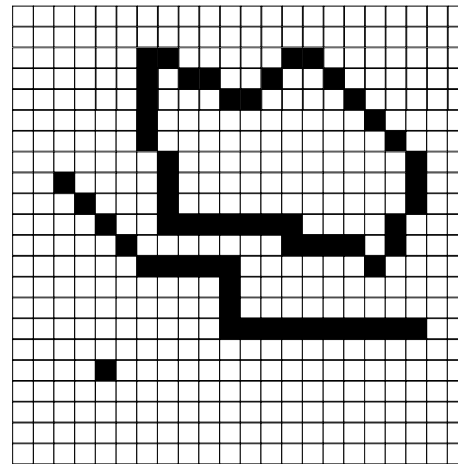
- Rasterski uređaji



# Rasterski vs Vektorski uređaji



Vektorski podaci



Rasterski podaci

# Rasterski vs Vektorski uređaji

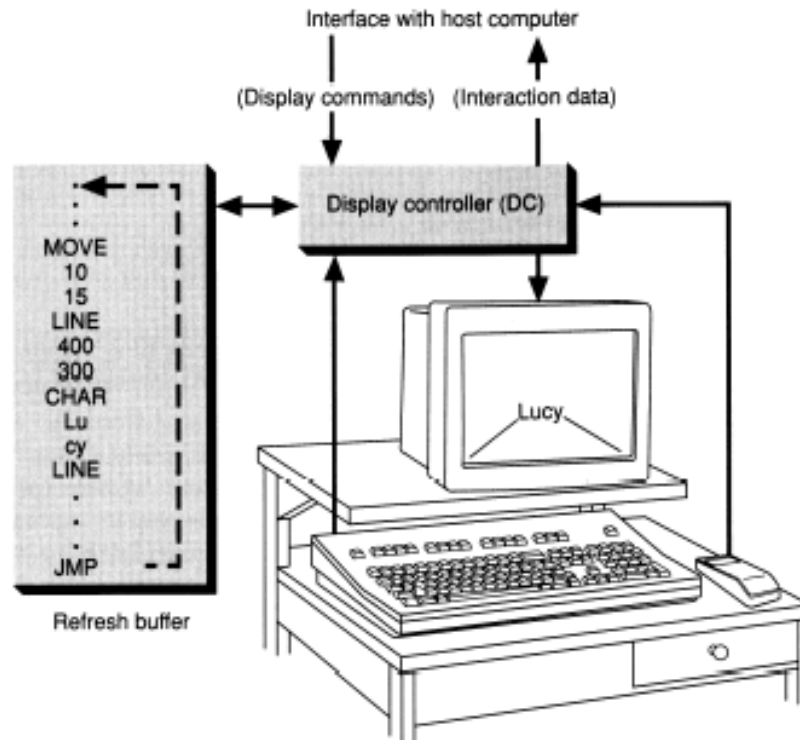
- Iako izgledaju slično kada se prikažu, između rasterskih i vektorskih podataka, a samim tim i uređaja, postoji suštinska razlika. Rasterski podaci jednostavno predstavljaju "digitalni pogled" na izvorni dokument. Ovakve strukture podataka se najčešće koriste za prikaz različitih vrsta slika. Za razliku od rasterskih podataka, kod vektorskih podataka se oblici na mapi predstavljaju preko koordinata tačaka koje određuju taj oblik.



# Rasterski vs Vektorski uređaji

- Svaki od pristupa ima određene prednosti i, naravno, svoje nedostatke. Na primer, kod vektorskog pristupa uvećanje ili smanjenje prikaza ne narušava kvalitet prikaza. Prednost rasterskog pristupa je mogućnost izdvajanja informacija direktno iz digitalnih slika ili fotografija korišćenjem različitih metoda digitalne obrade signala. Nedostatak je što u rasterskom obliku nema mnogo informacija o prostornim vezama među objektima. Vektorski podaci pružaju mnogo više informacija po pitanju geometrije i topologije. Dobra osobina rasterskih podataka je što mogu biti komprimovani, što znatno redukuje potreban prostor na medijumu za smeštaj podataka. Loša strana je što, ukoliko se koristi kompresija podataka, onda se pre prikaza mora izvršiti dekompresija istih, što usporava samu operaciju prikaza.

# Vektorski uređaji



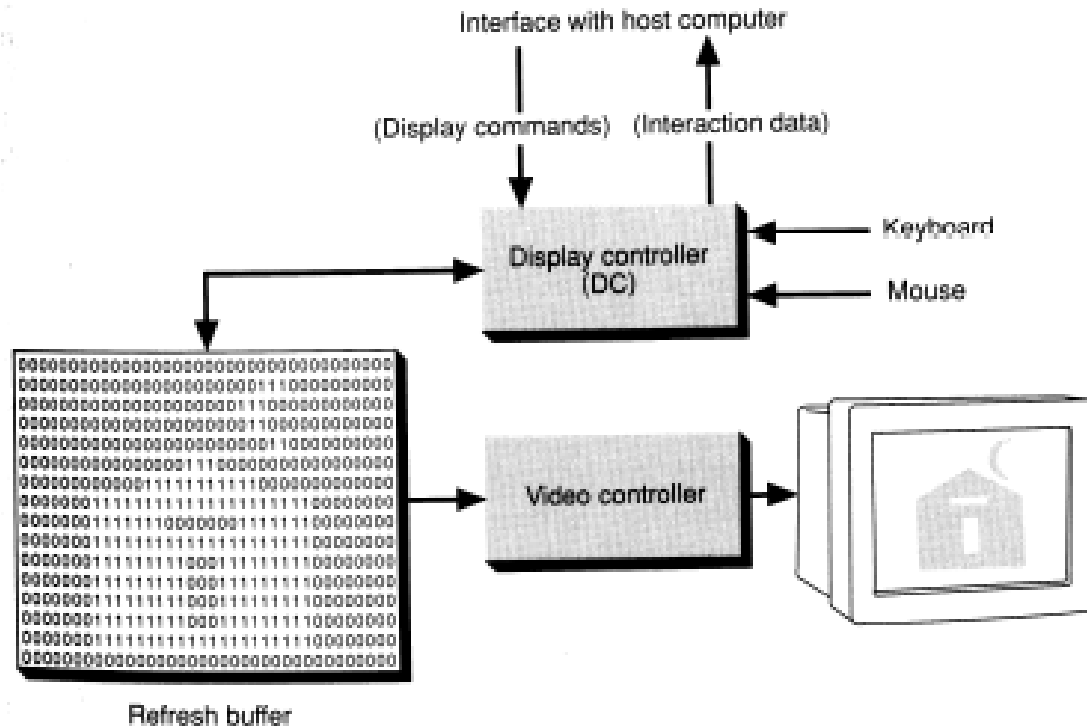
# Vektorski uređaji

- Bafer služi da memoriše listu komandi za iscrtavanje tačke ili linije sa zadatom početnom i krajnjom tačkom, karakterom ili znaka.
- Linije se mogu zadavati i u 2D i u 3D koordinatnom sistemu. Displej procesor interpretira te komande i šalje digitalne koordinate tačke generisanjem vektora koji se konvertuje u odgovarajući analogni signal. Ovaj signal predstavlja napon koji je potreban da bi se osvetlile tačke na ekranu.
- Suština je da zrak prati tačku po tačku specificiranim redosledom iz displej-programa, odnosno, mlaz se kreće u onom redosledu i smeru, kako mu to diktiraju komande iz bafera.

# Vektorski uređaji

- Tehnika prikaza na vektorskim uređajima se naziva slučajnim skaniranjem (**random-scan**) jer je svaka tačka na ekranu adresibilna. Pošto svetlosni izlaz fosfora opada u desetinama ili najviše stotinama mikrosekundi, displej-kontroler mora kružiti kroz listu za prikaz da bi osvežio fosfor barem 30 puta u sekundi (30Hz).
- Bafer koji sadrži listu za prikaz se često naziva baferom za osvežavanje (**refresh buffer**).
- Instrukcija JMP na kraju programa formira petlju da obezbedi ciklično osvežavanje.

# Rasterski uređaji



# Rasterski uređaji

- Rasterska grafika je bazirana na tehnologiji televizije (tehnika prikazivanja poznata kao **raster-scan**).
- Smatra se da je rasterska grafika doprinela razvoju računarske grafike više nego bilo koja druga tehnologija.
- Rasterski prikazivači (*raster display*) smeštaju primitive za prikaz u bafer za osvežavanje. Primitive su linije (prave i lukovi), karakteri i popunjene (ravnomerno ili teksturom) površine. Primitive su razložene na **piksele** - najmanje komponente od kojih su obrazovane.

# Rasterski uređaji

- Kompletna slika na rasterskom prikazivaču se formira iz **rastera**.
- **Raster** predstavlja niz horizontalnih rasterskih linija od kojih je svaka red individualnih piksela. Raster se čuva kao matrica piksela koja reprezentuje celu površinu ekrana.
- Cela slika se skenira sekvencijalno od strane video kontrolera i to linija po linija od vrha prema dnu i zatim ponovo od vrha.
- Za svaki piksel, intenzitet mlaza se postavlja tako da reflektuje intenzitet piksela.

# Ekрани

- **Ekрани** (monitori ili displeji) su primarni izlazni uređaji preko kojih korisnik prima informacije od računarskog sistema. Postoji više tehnologija za realizaciju ekrana, a najznačajnije su:
  - ▷ CRT (*Cathode Ray Tube*)
  - ▷ DVST (*Direct-View Storage Tube*)
  - ▷ LCD (*Liquid-Crystal Display*)
  - ▷ Plazma
  - ▷ *Electronic Ink* tehnologija

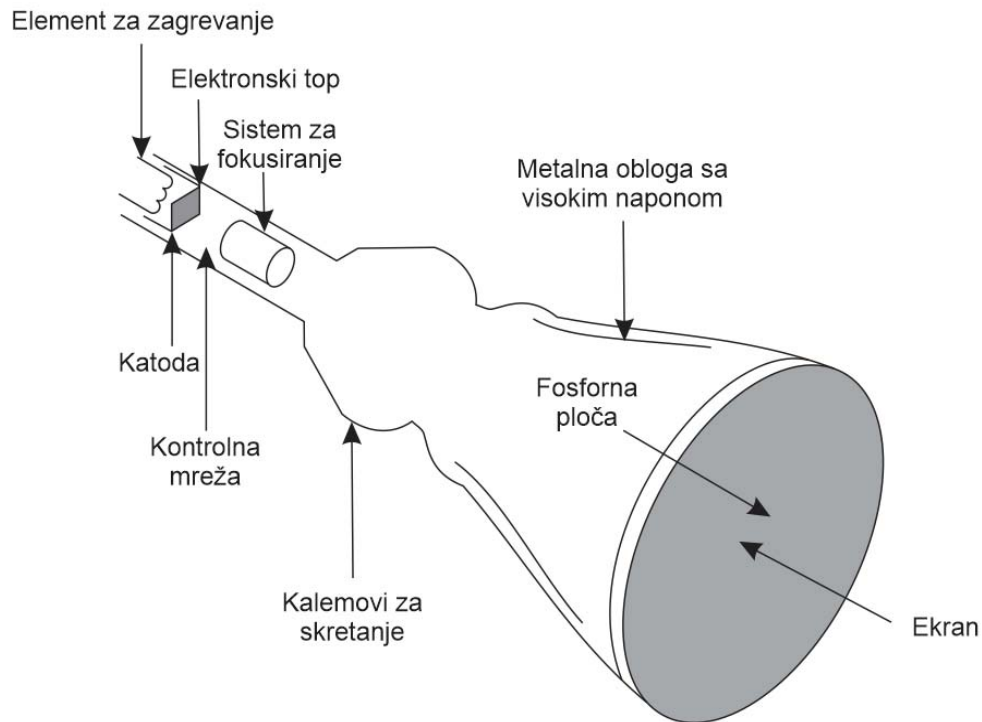


# CRT ekrani

- **CRT ekrani** su ekrani koji su bazirani na tehnologiji katodne cevi koja je bila široko u primeni kod televizijskih prijemnika prethodne generacije.



# CRT ekrani

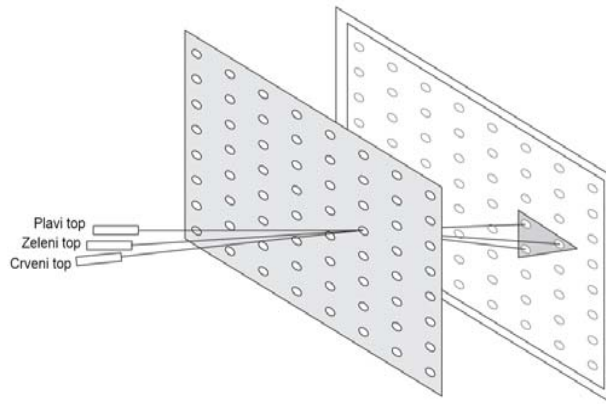


# Princip rada

- Princip rada CRT ekrana je sledeći: **elektronski top** emituje mlaz elektrona. Tanak mlaz elektrona se postiže **sistemom za fokusiranje**. Usmeravanje mlaza elektrona se postiže pomoću **kaleмова za skretanje** prema određenoj tački na **fosfornoj ploči**. Pošto su elektroni dosta ubrzani, oni udaraju u fosfor ogromnom brzinom, a fosfor svetli. Pošto intenzitet svetlosti fosfora opada sa vremenom, tačku je potrebno pogađati više puta u sekundi, da bi se izbegao efekat treperenja. Osvežavanje cele slike je neophodno vršiti više puta u sekundi. Taj broj određuje period osvežavanja slike (*refresh rate*). Uobičajeno je da ova frekvencija bude oko 60 ekrana (*frejma*) u sekundi. **Kontrolni grid** (mreža) u katodnoj cevi služi da odredi broj elektrona u mlazu. Što je negativniji napon kontrolnog grida, to je broj elektrona u mlazu manji. Na taj način se kontroliše intenzitet osvetljenja.

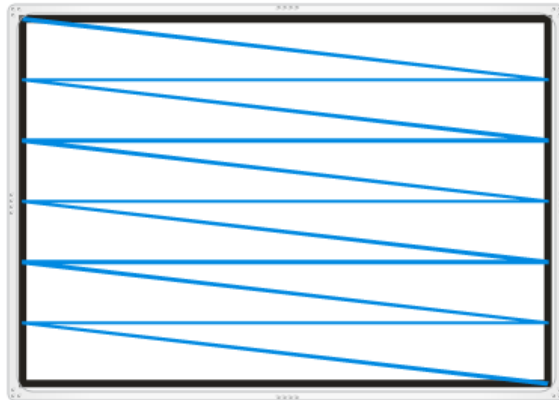
# CRT ekrani

- Ekran se sastoji od niza tačaka koje predstavljaju najmanje fizičke jedinice (*dot*-ovi) koje se mogu kontrolisati. Njihova veličina ne mora biti jednaka veličini piksela. Jedan piksel je obično veličine nekoliko *dot*-ova.
- Prethodno opisani princip rada važi za monohromatske CRT ekrane. Kod kolor CRT ekrana za svaku komponentu boje (*RGB* – *red, blue, green*) postoji poseban elektronski top.



# CRT ekrani

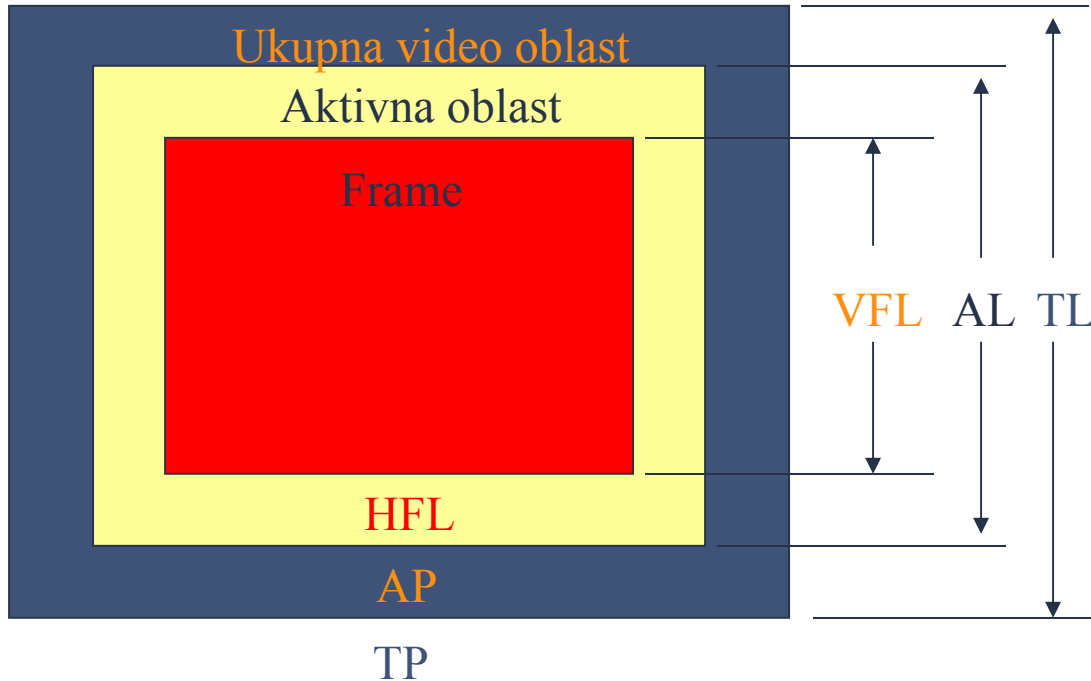
- Kod CRT ekrana je kretanje mlaza elektrona koje emituje elektronski top takvo da se slika na ekranu formira linija po linija, odozgo na dole. Linije imaju određeni nagib (*downhill*) i formiraju “cik-cak” popunu ekrana



# Zatamnjenje

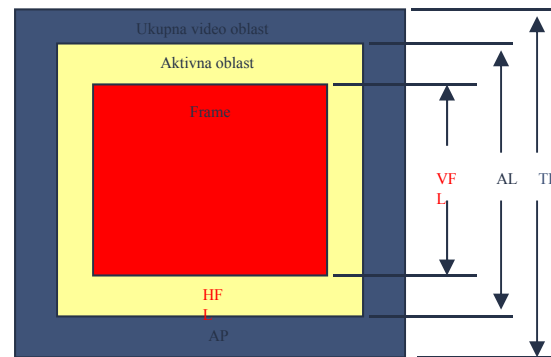
- Pošto je mlaz vrlo teško kontrolisati, na krajevima ekrana se obično ne prikazuje slika tj. taj deo ostaje neiskorišćen. Taj vremenski period, koji bi inače bio potreban da se iscrtaju delovi ekrana na ivicama se koristi za povratak mlaza na početak nove linije ili novog frejma. Ovaj period se naziva **period zatamnjenja** (*blanking-time*).

# Oblasti na ekranu



# Oblasti na ekranu - oznake

- VFL – Visina frejma
- AL – Broj aktivnih linija
- TL – Ukupan broj linija
- HFL – Širina frejma
- AP – Broj aktivnih piksela
- TP – Ukupan broj piksela

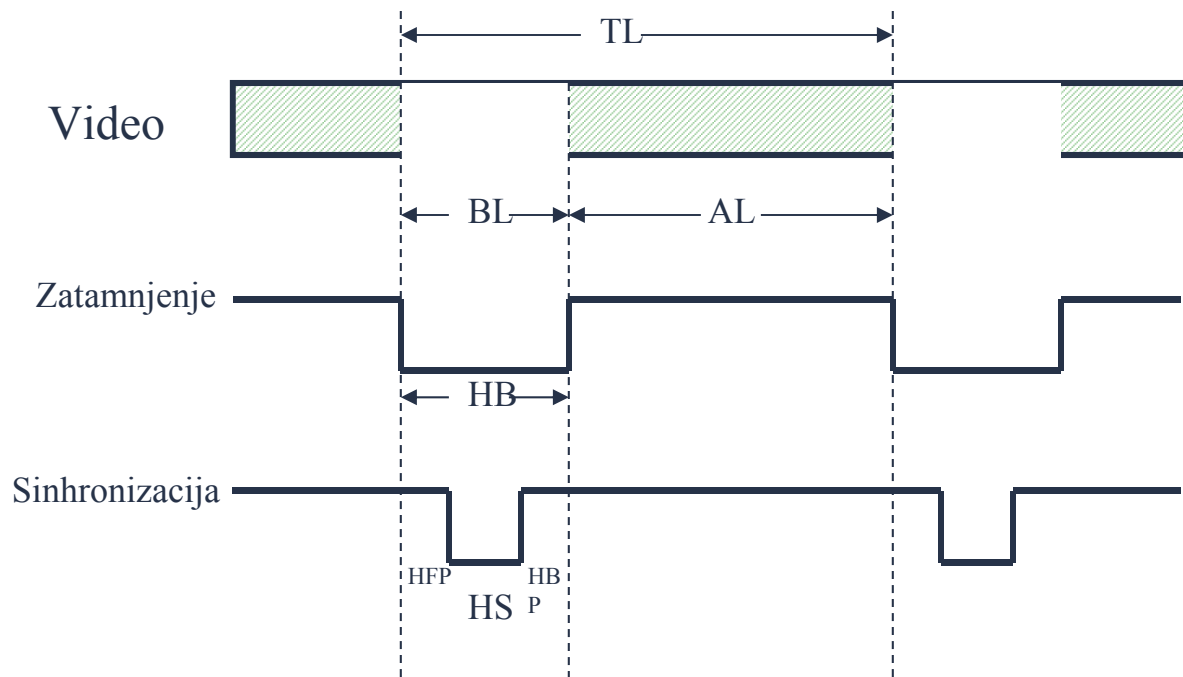




## Oblasti na ekranu

- **Ukupna oblast** je celokupna oblast koja se može kontrolisati.
- **Aktivna oblast** je oblast koja sadrži validne video podatke (bez zamračenja i bez podataka za sinhronizaciju).
- **Frejm (okvir)** je deo aktivne oblasti koja se iscrtava. Često se zove i **region od interesa**.

# Signali



# Signali - oznake

- TL – Ukupna linija
- BL – Blanko linija
- AL – Aktivna linija
- HB – Horizontalni period zamračenja
- HFP – Prednja stepenica (*front porch*)
- HBP – Zadnja stepenica (*back porch*)
- HS – Sinhronizacioni impuls

**Napomena:** Isto važi i za vertikalne linije samo su oznake:  
VB, VFP, VS, VBP

# Načini iscrtavanja ekrana

- **Bez preplitanja** (*non-interlaced*). Postoji samo jedan frejm i on se iscrtava u svakom frejm periodu.
- **Sa preplitanjem** (*interlaced*). Postoje dva frejma. U jednom su parne, a u drugom neparne linije. U jednoj poluperiodi frejma se iscrtava jedan frejm, a u drugoj poluperiodi se iscrtava drugi frejm. Ovaj metod daje dobre rezultate sa monitorima koji rade na nižim frekvencijama.

# Definicije

- $f_h$  - horizontalna učestanost (broj iscrtanih horizontalnih linija u sekundi)
- $f_v$  - veritkalna učestanost ili **refresh rate** (broj iscrtanih ekrana u sekundi). Ona je gornji limit za periodu osvežavanja. Ova karakteristika se zove i **frekvencija osvežavanja**.
- $f_p$  - učestanost taktnog signala za iscrtavanje piksela (*dot clock*). To je maksimalan broj tačaka u sekundi koji može biti iscrtan.

# Definicije

- **VB** - Propusni opseg (*video bandwith* - najviša frekvencija koju monitor može da izdrži). Na primer, za rezoluciju 640\*480 -> VB=25MHz, za 800\*600 -> VB=36MHz, za 1024\*768 -> VB=65MHz.

$$f_v = \frac{f_p}{T_L \cdot T_P}$$

# Definicije

- **Bandwidth** odslikava brzinu kojom elektronski top može da se uključi ili isključi.
- Ako je veličina scan linije  $n$  tačaka (tj. horizontalna rezolucija je  $n$ ), onda za jednu liniju možda mora da se elektronski top uključi i isključi po  $n/2$  puta.
- Veći bandwidth obezbeđuje da pikseli imaju oštrije ivice i da ne budu (horizontalno) „razmazani“.

# Definicije

- ***R* - Rezolucija**. Jednaka je ukupnom broju piksela koji mogu biti prikazani na ekranu tj. aktivnoj oblasti.

$$R = AP \cdot AL$$

- ***AR* - Aspect ratio**. To je odnos horizontale i vertikale, i nekada je obično iznosio 4:3 a danas sve više 16:9 (wide screen).

$$AR = \frac{AP}{AL}$$



# Refresh rate

- Pošto je  $fp$  konstanta (određuje je video adapter), iz formule se vidi da ukoliko želimo da povećamo refresh rate ( $fv$ ), onda moramo da smanjimo rezoluciju i obrnuto.
- Ukoliko je refresh rate previše mali dolazi do treperenja slike (treba ga držati iznad 60 Hz).
- VESA standard propisuje da refresh rate bude minimalno 72Hz.
- 120Hz je frekvencija fluorescentnih osvetljenja.

$$fv = \frac{fp}{TL \cdot TP}$$

## Dobre strane - CRT

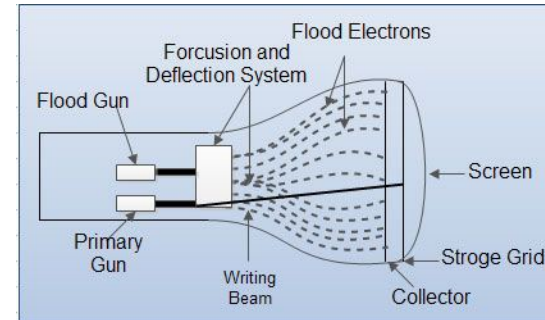
- Dobre strane CRT tehnologije su:
  - ▷ jeftina izrada,
  - ▷ slika je jednako vidljiva pod svim uglovima i
  - ▷ mogućnost prikaza kvalitetnih slika u punom rasponu boja na visokim rezolucijama.

# Loše strane - CRT

- Loše strane su:
  - ▷ velika potrošnja električne energije,
  - ▷ glomaznost,
  - ▷ štetnost elektromagnetnih zračenja katodne cevi,
  - ▷ tehnologija prikaza zamara oči i
  - ▷ osetljivost na spoljašnja elektromagnetna polja.

# DVST ekrani

- **DVST** (*Direct-View Storage Tube*) tehnologija ne zahteva veliko frekvenciju osvežavanja (jer je slika reprezentovana raspodelom naelektrisanja na unutrašnjoj površini ekrana), ali je nepraktična jer prilikom izmene i najmanjeg detalja na slici, kompletna slika (raspodela naelektrisanja) mora ponovo biti kreirana.



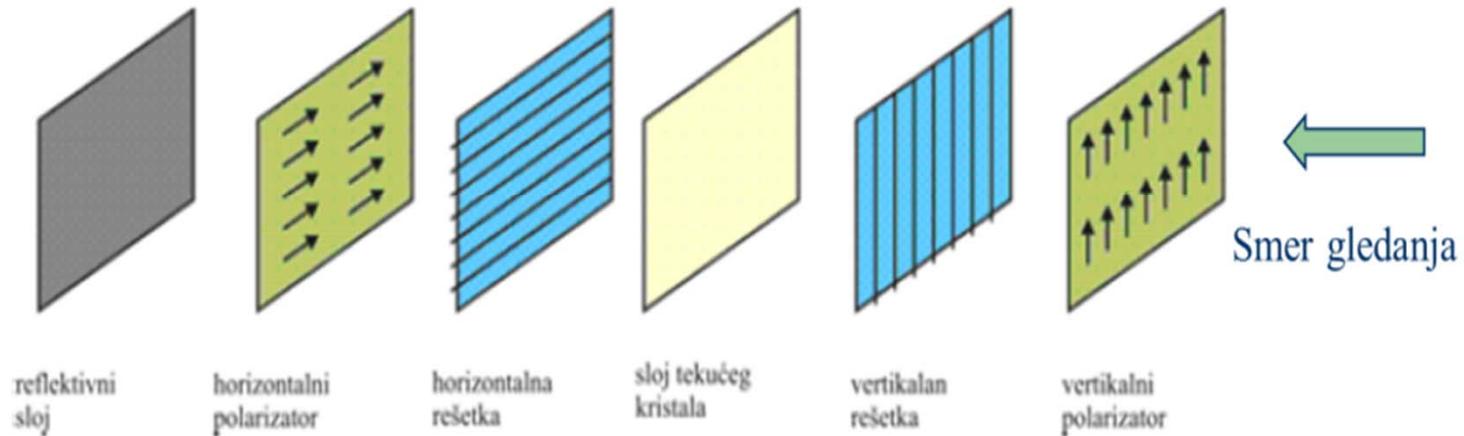
# LCD ekrani

- **LCD** (*Liquid Crystal Display*) je tehnologija prikaznog uređaja koja koristi tečni kristal. Ova tehnologija je vrlo popularna za prenosne računare zbog znatno manjih dimenzija, težine i potrošnje energije od CRT uređaja.

# LCD ekrani

- Tehnologija se bazira na šestoslojnoj strukturi:
  1. Prednji sloj je vertikalna polarizacijska ploča.
  2. Drugi sloj sadrži vertikalnu rešetku od tankih žica.
  3. Treći je sloj tečnog kristala debljine reda jednog mikrona.
  4. Četvrti sloj je horizontalna rešetka od tankih žica.
  5. Peti sloj je horizontalna polarizacijska ploča.
  6. Poslednji, šesti sloj je reflektor.

# Struktura LCD ekrana



# LCD – princip rada

- Tečni kristal se sastoji od dugih molekula kristala. Pojedinačni molekuli normalno se raspoređuju spiralno i rotiraju polarizaciju ulazne svetlosti za 90 stepeni. Takva svetlost prolazi kroz horizontalnu polarizacijsku ploču pa je vidljiva i gledaocu. U električnom polju, kristali se postavljaju u istom smeru i ne rotiraju polarizaciju ulazne svetlosti. Takva svetlost ne prolazi kroz horizontalnu polarizacijsku ploču već se apsorbira pa gledalac vidi crnu površinu.



# LCD – princip rada

- Tačke koje će biti osvetljene, odnosno tamne tačke, određuju se matričnim adresiranjem pomoću vertikalne i horizontalne rešetke. Tamna tačka će biti na mestu preseka projekcija žice iz vertikalne rešetke kojoj je doveden pozitivni napon i žice iz horizontalne rešetke kojoj je doveden negativni napon. Kombinacija pozitivnog napona s desne strane kristalnog sloja i negativnog napona s leve strane kristalnog sloja ređa kristale na tom mestu.

# Vrste LCD ekrana

- Zavisno od toga kako je rešeno dovođenje napona na kristal (tranzistore) i ponašanje kristala, razlikujemo nekoliko osnovnih vrsta LCD ekrana:
  - ▷ TFT (*Thin Film Transistor*),
  - ▷ IPS (*In-Plane switching*),
  - ▷ MVA (*Multi-domain vertical alignment*),
  - ▷ PVA (*Patterned vertical alignment*).
  - ▷ LED (*Light Emitting Diode*) i
  - ▷ OLED (*Organic Light Emitting Diode*).

# TFT ekrani

- **TFT ekran** (*Thin Film Transistor*). Ovo je jedan od podtipova *Active matrix panels* ekrana. To su LCD ekrani kod kojih je u svaki piksel ugrađen po jedan tranzistor (koji opisuje taj piksel), te kod njih nema treperenja.



# LED ekrani

- Svakako najpoznatiji i najšire korišćeni ekrani danas su **LED** ekrani. Ovaj tip ekrana je jedan od podtipova LCD ekrana kod koga se umesto jedne lampe za pozadinsko osvetljenje (što je standardno rešenje kod LCD ekrana) koristi veliki broj malih dioda



# Prednosti LED ekrana

- Prednosti LED ekrana u odnosu na standardne LCD ekrane su sledeće:
  - ▷ manja potrošnja električne energije (45% uštede),
  - ▷ znatno tanji dizajn ekrana,
  - ▷ svetlija slika i tamnija crna boja,
  - ▷ ukoliko se koristi RGB-LED tehnologija dobija se širi gamut boja, što rezultuje znatno boljom slikom i
  - ▷ bolja kontrola pojedinačnih piksela na ekranu.

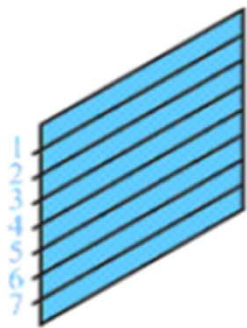
# OLED ekrani

- **OLED** ekrani su podvrsta LED ekrana kod kojih se koriste specijalne vrste diode, takozvane **svetleće diode** koje emituju svetlost koja se sastoji od organskih komponenti. OLED ekrani rade tako što se električna struja propušta kroz organski materijal koji tom prilikom ispušta svetlost. Budući da ovakav proces ne zahteva pozadinsko osvetljenje, OLED ekrani su tanji, štedljiviji u pogledu potrošnje energije. Sve ovo ih čini pogodnim za primenu kod mobilnih telefona i tablet računara. Takođe, ova tehnologija omogućava izradu savitljivih ekrana.

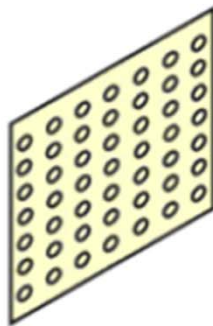
# Plazma ekrani

- **Plazma ekran** (*Plasma Display*) je struktura malih neonskih sijalica koje se mogu selektivno paliti i gasiti matričnim adresiranjem pomoću vertikalne i horizontalne rešetke. Kad je razlika napona na vertikalnoj i horizontalnoj rešetki dovoljno velika, elektroni iz molekula neona se oslobađaju i sijalica počinje da svetli. To se stanje može podržavati nižim naponom, a za promenu stanja potrebno je smanjiti napon ispod nužne granične vrednosti održavanja.

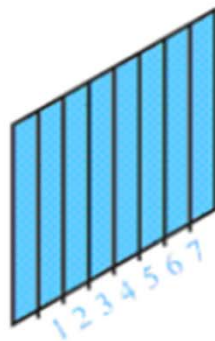
# Struktura plazma ekrana



Horizontalna  
rešetka



Staklena ploča  
sa neonskim sijalicama



Vertikalna  
rešetka



Smer gledanja



# Prednosti plazma ekrana

- Prednosti plazma ekrana su:
  - ▷ slika koja izgleda dobro skoro iz svakog ugla,
  - ▷ dobre boje,
  - ▷ Širok ugao gledanja,
  - ▷ bolji prikaz crne boje,
  - ▷ bolji kontrast i
  - ▷ bolje vreme odziva.

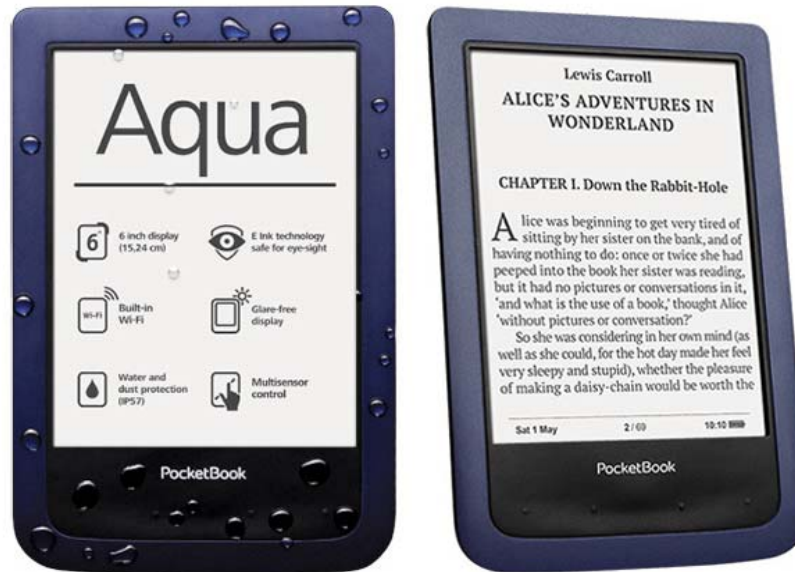
## Nedostaci plazma ekrana

- Jedini ozbiljni nedostatak ove tehnologije je takozvani **burn-in** efekat, odnosno činjenica da plazma ekran može, nakon dužeg vremena korišćenja (decenija ili duže), da dobije vidljive tragove koji kao da su urezani u sam ekran (znak, statične slike...), dok je kod LCD tehnologije ta pojava gotovo nepostojeća

## *Electronic Ink* ekrani

- *Electronic Ink* ekrani se još zovu i **Elektronski papir** ili **e-papir**, predstavljaju tehnologiju izrade ekrana koja oponaša izgled običnog mastila i papira. Za razliku od konvencionalnih ravnih ekrana, koji koriste pozadinsko osvetljenje da bi osvetlili piksele, elektronski papir reflektuje svetlo kao običan papir

# Electronic Ink ekrani



# E-papir

- Za izradu e-papira postoji nekoliko različitih tehnologija. Neki upotrebljavaju plastične podloge i elektroniku tako da ekran bude fleksibilan. E-papir se smatra ugodnijim za čitanje od konvencionalnih ekrana zbog stabilne slike, koju ne treba konstantno osvežavati, šireg ugla gledanja i činjenice da koristi odbijenu ambijentalnu svetlost.
- Primena e-papira uključuje čitače e-knjiga, sposobne da prikazuju digitalne verzije knjiga i e-časopisa, elektronske etikete cena u prodavnicama, elektronske reklamne panoe i mobilne telefone.

# Video projektori

- **Video projektori** (*video beams*) su izlazni uređaji koji projektuju sliku sa računara na zid ili na platno za prikaz. Obično se koriste za prezentaciju sadržaja većem broju slušalaca.



# Tehnologije za izradu video projektora

- Osnovne tehnologije za izradu video projektora su:
  - ▷ LCD i
  - ▷ DLP.

# LCD video projektori

- **LCD** (*Liquid Crystal Display*) je tehnologija izrade koja koristi tečne kristale kao i LCD ekrani. Slika se kod LCD projektoru formira pomoću tri odvojena TFT displeja koji, u kombinaciji sa optičkim elementima, slažu crvenu, zelenu i plavu komponentu slike u celinu. Tako složena slika se projektuje kroz objektiv na platno.



# Dobre i loše strane

- Dobre strane ove tehnologije su:
  - ▷ potpuna zrelost tehnologije,
  - ▷ vrlo kvalitetna reprodukcija boja i
  - ▷ jeftina tehnologija izrade.
- Loše strane LCD projektora su:
  - ▷ velike dimenzije,
  - ▷ nemogućnost postizanja visokog kontrasta i
  - ▷ gubitak na kvalitetu slike posle tri do četiri godine.

# DLP video projektori

- **DLP** (*Digital Light Processing*) je potpuno digitalna tehnologija izrade video projektoru koja koristi minijatura ogledala u procesu formiranja slike na platnu. Naime, srce DLP projektoru je čip koji na mestu svakog piksela, koga projektor može da prikaže, ima minijaturno ogledalo u obliku romba koje može da se kreće oko duže dijagonale. Menjanjem položaja svakog od mikroogledala, svetlo će se manje ili više odbijati u pravcu objektiva.

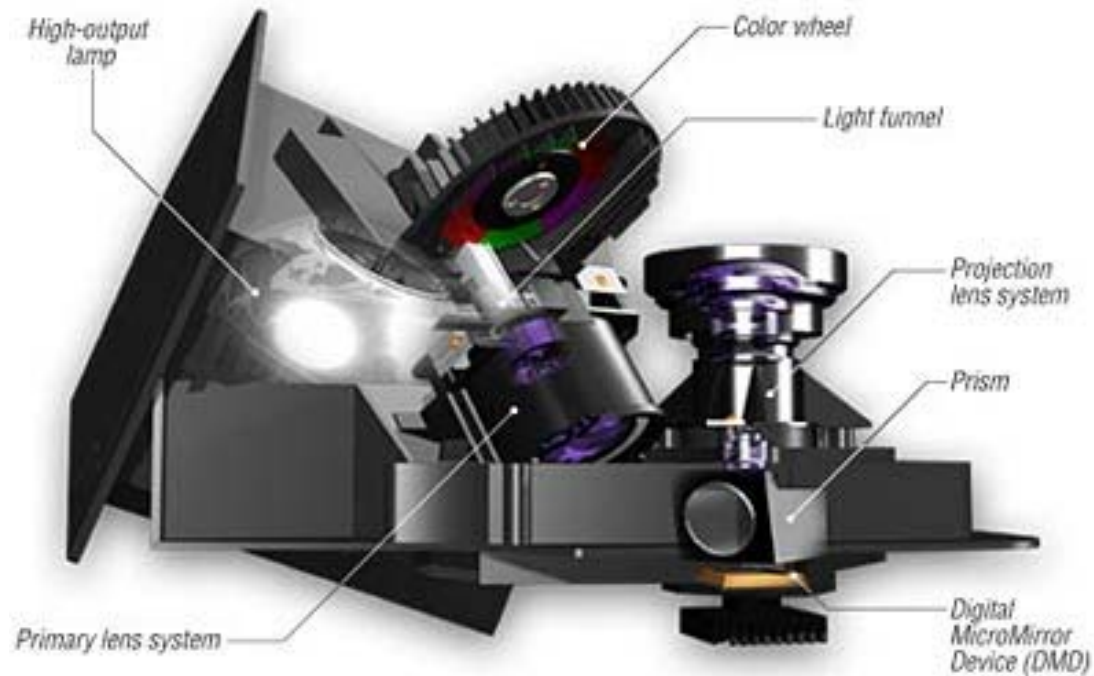
# DLP video projektori

- Na ovaj način je moguće precizno dozirati količinu svetla koje će proći kroz objektiv, a obojenost slike se dobija time što je između čipa i objektiva postavljen rotirajući disk na kojem se nalaze obojeni filteri. Ovaj disk se okreće brzo (50 ili 100 obrtaja u sekundi), pa je slika vrlo stabilna i ne treperi ništa više nego na LCD projektoru. Rotirajući disk sa filterima može da ima tri filtera (crveni, zeleni i plavi) ili eventualno šest (po dva od svake boje) i tada se postiže visok kvalitet reprodukcije boja (u rangu onoga što postiže LCD tehnologija), ali je tada kontrast slabiji.

# DLP video projektori

- Ako ovom disku, osim tri kolorna, dodamo i jedan beli segment, reprodukcija boja slabi, ali zato se značajno poboljšava kontrast i kvalitet bele pozadine koja se često koristi za poslovne prezentacije. Najbolji DLP projektori imaju oba diska, koji se automatski menjaju u zavisnosti od režima rada - četvorosegmentni za prezentacije a šestosegmentni za filmove.

# DLP – princip rada



# Dobre i loše strane

- Prednosti DLP tehnologije su:

- ▷ bolji kontrast i
- ▷ manje dimenzije projektora.

- Nedostaci DLP tehnologije su:

- ▷ visoka cena i
- ▷ nešto veća buka, kao posledica permanentnog okretanja diska sa filterima.

# Štampači

- **Štampači** (printeri) su izlazni uređaji kojima se ispisuju podaci iz računara na papir. Postoji šest osnovnih vrsta štampača:
  - ▷ matrični (*dot-matrix*),
  - ▷ „pljuckavci“ (*ink-jet*),
  - ▷ laserski,
  - ▷ termalni,
  - ▷ ploteri i
  - ▷ 3D štampači.

# Matrični štampači

- **Matrični štampači** štampaju pomoću pokretne glave sa metalnim iglicama, koje preko trake sa bojom udaraju na papir i ostavljaju trag (kao kod pisaće mašine). Ta traka se naziva **ribon**, a iglice **pin**-ovi.
- Broj iglica je obično: 9, 18 ili 24.





## Dobre i loše strane

- Ovakvi štampači su spori, bučni, sa lošim kvalitetom štampe.
- Njihove dobre strane su niska cena, kao i cena potrošnog materijala (ribon trake). Posebno su pogodni kod ispisivanja dokumenata sa više kopija korišćenjem indiga (na primer, uplatnica).

# Ink-jet štampači

- **Ink-jet** štampači su štampači sa mlaznicama iz kojih se izbacuje mlaz mastila (*ink*) na papir. Mastilo je smešteno u rezervoarima koji se zovu **kertridži** (*cartridge*). Postoji kertridž za crnu i kolor štampu.
- Na pokretnoj glavi za štampanje nalazi se kertridž sa mastilom, koje se pod pritiskom izbacuje na papir kroz tanke cevčice. Svaka cevčica je tanja od polovine debljine ljudske dlake. Prilikom dodira sa papirom mastilo se hladi i lepi za papir. Uobičajen broj mlaznica je 48. Broj mlaznica određuje kvalitet štampe. Ovi štampači štampaju sadržaj red po red piksela na papiru.

## Dobre i loše strane

- Brži su i kvalitetniji od matričnih i preporučuju se za kućnu upotrebu.
- Nisu skupi, ali je relativno skup potrošni materijal (mastilo). Nisu bučni kao matrični, a sporiji su i manje kvalitetni od laserskih štampača.



# Laserski štampači

- **Laserski** štampači su najkvalitetniji štampači i oni koriste lasersku tehnologiju. Laserski zrak naelektriše tačke na valjku i na taj način omogućuje da se toner (boja) zalepi na naelektrisane tačke, a zatim se nanosi na papir i tako nastaje slika u vidu bitmape (skupa tačkica, piksela).



## Dobre i loše strane

- Rezolucija štampe je velika a kvalitet štampe je odličan.
- Skuplji su od ostalih štampača a i potrošni materijal (toner) nije jeftin.

# Termalni šampači

- **Termalni** šampači koriste toplotu za prenos boje sa trake na papir. Naime, glava šampača ima ugrađen grejač, a kvalitet šampe zavisi od broja grejača po inču. Trake koje koriste ovi šampači sastoje se od raznobojnih pruga koje mogu biti u tri ili četiri osnovne boje. Pomeranje papira usklađuje se sa količinom boja koje se nanose. Za kvalitetniju šampu, potrebno je, zbog mogućnosti upijanja boja, koristiti specijalan papir.



## Dobre i loše strane

- Prednosti termalnih štampača su čist, jednostavan i pouzdan rad i visoka zasićenost boja.
- Mane su neophodnost korišćenja specijalnog papira, neophodnost kontrole kretanja papira i visoka cena.

# Ploteri

- **Ploteri** su posebne vrste štampača koji se koriste za štampu većeg formata (obično formata većih od A3). Ploter iscrtava sliku pokretanjem pera preko površine papira.
- U tehnologiji plotera sa ravnom pločom, papir se pričvršćuje elektrostatičkim naponom, vakuumom ili nekim drugim načinom. Pero se postavlja na početnu tačku crte i spušta na površinu papira. Pero se pokreće po površini papira do krajnje tačke i tada se podiže. Ovaj uređaj analogan je vektorskoj tehnologiji crtanja.
- U tehnologiji rotacionih plotera (*drum plotter*) papir se rotira pomoću bubnja koji rotira, a pero se pokreće duž linijske putanje uzduž bubnja u oba smera.



# Ploteri



# 3D štampači

- **Trodimenzijski (3D) štampači** su uređaji koji kreiraju 3D model od veštačkog materijala. U pitanju je moderna tehnologija proizvodnje trodimenzionalnih objekata sukcesivnim nanošenjem slojeva specijalnog materijala.
- 3D štampanje je brže, jeftinije i jednostavnije rešenje u odnosu na druge tehnologije proizvodnje 3D objekata.
- 3D štampači su, u suštini, mini sistemi sa numeričkim upravljanjem (NC) u tri ose (x, y i z). Sistemski softver najpre konvertuje 3D model objekta u poprečne preseke, odnosno tanke slojeve debljine 0,089–0,203 mm, što se bira u zavisnosti od tačnosti koja se želi postići.

## 3D štampači

- Nakon toga se predmet (model) izrađuje na taj način da se u radnom prostoru u programiranim tankim slojevima nanosi specijalni prah i učvršćuje vezivnim sredstvom koje se nanosi na prah (počevši od donjeg sloja). Takav „ispis” može biti monohromatski ili u boji.
- Izborom vrste praha i punjenjem modela različitim komponentama (učvršćivačima) korisnici mogu kreirati predmete različitih svojstava u zavisnosti od tehničkih zahteva koje model treba da zadovolji (čvrstoća, elastičnost, temperaturna izdržljivost, i sl.).

# 3D štampači



# VR izlazni uređaji

- **Izlazni uređaji virtualne realnosti** su izlazni uređaji koji pokušavaju da, stimulisanjem ljudskih čula na određeni način, prevare ljudski mozak i da stvore utisak prisustva u nekom okruženju koje, u stvarnosti, realno ne postoji.
- U ove uređaje spadaju:
  - ▷ VR kacige,
  - ▷ VR rukavice,
  - ▷ 3D ekrani i projektori i
  - ▷ 3D hologrami.

# VR kacige

- **VR kacige** su specijalizovane kacige kod kojih se emituje stereo pogled, odnosno dve sinhronizovane slike na maloj razdaljini od oka posmatrača.
- Takođe, koristi se i stereo zvuk. Korišćenje zvuka u velikoj meri obogaćuje virtuelno okruženje obzirom da je zvučna percepcija omnidirekcionalna, za razliku od vizuelne percepcije, koja je moguća samo iz jednog pravca u jednom trenutku.
- Neke varijante kaciga uključuju i veštačko generisanje mirisa.

# VR kacige



# VR rukavice

- **VR rukavice** su specijalizovane rukavice koje mogu služiti i kao ulazni i kao izlazni uređaj.
- Kada govorimo o VR rukavicama kao izlaznom uređaju, pre svega, se misli na stimulaciju čula dodira (takozvani *haptic* interfejs).
- Kod njih se koristi pneumatika, vibracije, termalne i elektromehaničke stimulacije u cilju simulacije reakcije okruženja (nadraživanje kože, emulacija gravitacije,...).



# VR rukavice



## 3D tehnologija prikaza

- Najnoviji trend u oblasti proizvodnje monitora i televizora
- Novi filmovi i igre prate ovaj trend



# 3D ekrani i projektori

- **3D ekrani i projektori** su posebne vrste prikaznih uređaja koje stvaraju utisak gledanja trodimenzionalne scene korišćenjem posebnih tehnika.
- Ovi uređaji predstavljaju najnoviji trend u oblasti proizvodnje monitora, televizora i projektor. Kako bi objasnili osnovni princip rada, pre svega moramo znati kako mi vidimo dubinu, odnosno, treću dimenziju prostora.
- Pojednostavljeno rečeno, svako oko vidi 2D sliku a naš mozak, na osnovu ugla i razlika između slike od levog i slike od desnog oka, otkriva kolika je udaljenost do pojedinih detalja na slici. Kada naš mozak protumači kolika je udaljenost do pojedinih detalja na slici, mi tada imamo doživljaj prostora tj. sve tri dimenzije sveta koji gledamo.

## 3D ekrani i projektori

- Da bi se kod slika ili videa stvorio 3D efekat, onosno, iluzija o prikazu dubine na slici, potrebno je postići da se posebna slika prikaže desnom a posebna levom oku. Pri gledanju takve slike dolazi do toga da se ugao između očiju menja na sličan način kao da gledamo detalje u daljini. Naš mozak to što tada vidimo tumači na isti način kao kada gledamo prostor u prirodi i zbog toga je praćeno i tim doživljajem dubine.

# Tehnike prikazivanja i gledanja 3D videa

- 3D pomoću naočara/kacige sa posebnim ekranima za svako oko.
- 3D pomoću crveno-plavih naočara.
- 3D pomoću naočara sa polarizovanim staklima.
- **Active Shutter** 3D tehnika - Aktivne naočare posebno sinhronizovane sa ekranom.
- 3D pomoću specijalnih TV ekrana koji ne zahtevaju nikakve naočare

## 3D pomoću naočara/kacige sa posebnim ekranima za svako oko.

- Najprostije za shvatiti je zamisao 3D naočara/kacige sa dva ekrana. Ekran koji prikazuje sliku za levo oko, nalazi se ispred levog oka. Ekran koji prikazuje sliku za desno oko, nalazi se ispred desnog oka. To obezbeđuje da svako oko vidi posebnu sliku što naravno stvara osećaj prostora tj. 3D slike.
- Problem kod ovih sistema je u tome što takve naočare moraju biti složene, teške (u poređenju sa običnim), skupe... Većini gledaoca nije ugodno nositi na glavi uređaj veće mase. Možda najveći nedostatak je u tome što video sa takvih 3D naočara može gledati samo jedna osoba odjednom.

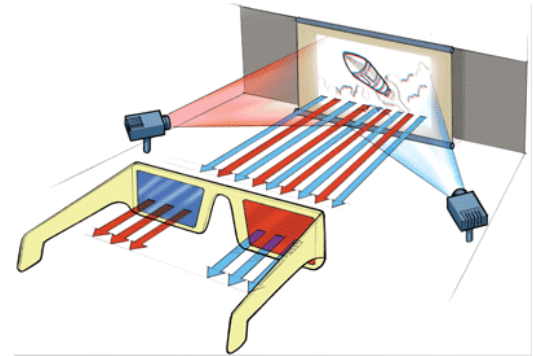
## 3D pomoću crveno-plavih naočara

- Crveni celofan je filter koji propušta samo crvenu svetlost. Crvena svetlost se odbija samo od crvenih i belih površina, tako da je razlikovanje crvene i bele kroz crveni filter skoro nemoguće. Dakle crveno-bela slika je kroz crveni filter praktično nevidljiva.
- Plava svetlost se odbija samo od plavih i belih površina. Tako da je razlikovanje plave i bele kroz plavi filter skoro nemoguće. Dakle plavo-bela slika je kroz plavi filter praktično nevidljiva.
- Ispred jednog oka nalazi se crveni celofan kroz koji vidite samo plavu boju.
- Ispred drugog oka je plavi celofan kroz koji vidite samo crvenu boju.



# 3D pomoću crveno-plavih naočara

- Slika se na platno projektuje pomoću dva projektor. Jedan projektor prikazuje crveno-belu sliku namenjenu jednom oku. A drugi projektor prikazuje plavo-belu sliku namenjenu drugom oku.
- Ova metoda je jednostavna ali naravno najveći nedostatak je u tome što slika mora biti praktično jednobojna. Nedostatak je u samim bojama. Duže vreme gledanja crvene ili plave slike nije prijatno za oči.





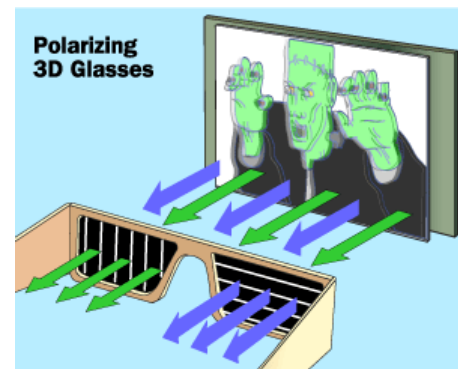
## 3D pomoću naočara sa polarizovanim staklima

- Ovaj princip je dosta dobar i odlično prihvaćen kod gledaoca u bioskopima. Da bi ovaj sistem funkcionisao, potrebna su dva projektora. Jedan projektuje sliku sa vertikalnom polarizacijom a drugi za horizontalnom. Svi gledaoci dobijaju naočare sa polarizovanim sočivima.
- Dakle ispred jednog oka je staklo koje propušta samo svetlost vertikalne polarizacije koja dolazi s prvog projektora. Ispred drugog oka je staklo koje propušta samo svetlost horizontalne polarizacije koja dolazi s drugog projektora.



## 3D pomoću naočara sa polarizovanim staklima

Očigledna prednost ovog sistema je što se bez problema mogu gledati filmovi u boji. Takođe naočare deluju potpuno obično i lako. "Stakla" su providna tako da ne izazivaju neprijatnost koja se dešava kod drugih stereoskopskih tehnika. Naočare su jeftine, obično sačinjene od kartona i celofana tako da ih gledaoci ne moraju vratiti nakon gledanja u bioskopima.



## Active Shutter 3D tehnika - Aktivne naočare posebno sinhronizovane s ekranom

- Poznato je da su LCD ekrani u momentima kada se ne prikazuje slika zapravo providni. Naočare za ovakve 3D sisteme umesto običnih stakala, koriste LCD ekrane koji naizmenično menjaju stanje providno-zatamnjeno. Ovakve naočare se još nazivaju "LCD Shutter".
- Ekran televizora velikom brzinom naizmenično prikazuje sliku za levo oko, pa za desno i tako u krug. Između ekrana i naočara mora biti ostvarena sinhronizacija. Naočare moraju da primaju signal koji im govori kada treba da zamrače sliku za koje oko.



## Active Shutter 3D tehnika - Aktivne naočare posebno sinhronizovane s ekranom

- U momentu kada ekran prikazuje sliku za levo oko, tada je levi ekran naočara providan a desni ekran postaje crn i ne propušta nikakvu svetlost. I obrnuto, kada ekran televizora prikazuje sliku za desno oko, levi ekran se zamračuje a desni postaje providan. Na taj način sliku namenjenu za levo oko vidi samo levo oko a sliku namenjeno za desno oko vidi samo desno oko.

## Složenost, zahtevnost i nedostaci ove tehnologije

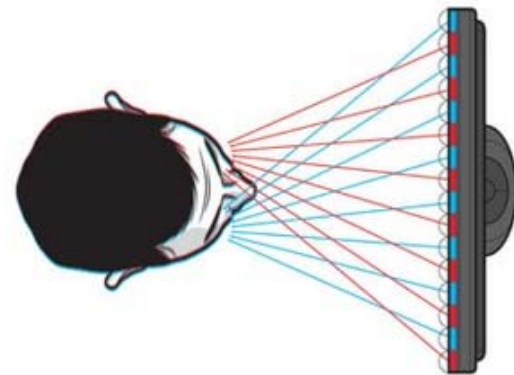
- Ekran televizora mora biti u stanju da velikom brzinom smenjuje sliku za levo i desno oko. Samo najkvalitetniji ekrani su dovoljno sposobni za to. Što naravno znači i da su ovakvi ekrani značajno skuplji od običnih.
- LCD ekrani na naočarama moraju takođe biti u stanju da velikom brzinom menjaju stanje providno-neprovidno.
- Ovakve naočare (Shutter Glasses) su dosta složene i skupe. Mnogi modeli ovakvih naočara koštaju preko 100 dolara. A pošto svi gledaci koji odjednom gledaju moraju imati naočare da bi videli 3D sliku, čitava zabava može biti poprilično skupa.

## Složenost, zahtevnost i nedostaci ove tehnologije

- Pošto ovakve naočare neprestano trepere to izaizva naprezanje očiju. Nakon nekoliko sati upotrebe neki ljudi osećaju iritiranost očiju, glavobolje i slične probleme. Ovo treperenje se ne primećuje svesno jer se dešava brzinom od 60 promena u sekundi ali očni nervi ipak registruju treperenje i naprežu se više nego što je uobičajeno.
- Ako gledalac već mora nositi naočare sa dioptrijom onda mora Shutter naočare da stavi preko njih što je jako nezgodno i neprijatno.
- Gledaocima koji ne nose ove naočare će slika delovati trepereće ili zamućeno. Tako da nije preporučljivo "kombinovano" gledanje. Treba ili svi gledaoci da stave Active Shutter naočare ili da se televizor prebaci na običan 2D prikaz.

## 3D pomoću specijalnih TV ekrana koji ne zahtevaju nikakve naočare

- Ova tehnologija još nije sasvim jasna ali neki proizvođači televizora su najavili televizore na kojima ćete gledati 3D sliku bez bilo kakvih naočara. O čemu se tačno radi i koliko je to efikasno, ostaje da vidimo kada se pojavi u prodaji.
- Za sada se otprilike zna da se takva 3D slika može videti samo ako gledate iz određenog ugla u odnosu na ekran. Obično postoji 8 uglova, ispred ovakvih ekrana, u kojima mora da se nalazi gledaoc da bi video sliku u 3D. Dovoljno je da se pomerite ili namestite glavu u drugačiji položaj i 3D efekat nestaje.
- I pored nekih ograničenja, ovakva vrsta 3D ekrana, za korisnike je definitivno najprimamljivija i najpraktičnija.



## 3D hologramski uređaji

- **3D hologramski uređaji** koriste tehniku prikaza 3D sadržaja u zapreminskom prostoru, bez korišćenja ekrana.
- Ova tehnologija je bazirana na korišćenju specijalnih vrsta lasera za prikaz 3D modela.
- Sama tehnologija je zahtevna i, zasad, veoma skupa, ali je i veoma atraktivna.



## 3D hologramski uređaji



# PITANJA

