

OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE

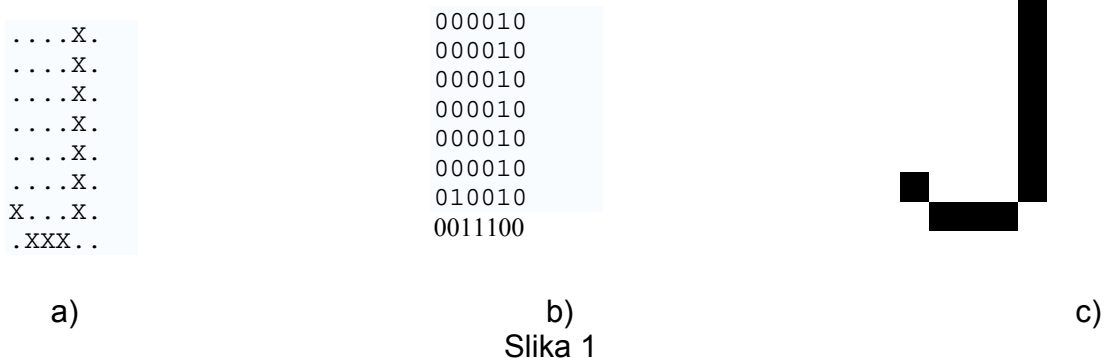
Prema osnovnim gradivnim elementima slike, kompjuterska grafika se može podeliti na

- rastersku grafiku i
- vektorsku grafiku

Kod rasterske grafike osnovni gradivni elemnti slike su **pixeli**, a kod vektorske **objekti**

Rasterska grafika

Ako zamislimo da je slika predstavljena u obliku mozaika tada bi jedan element mozaika bio analogan elementu digitalne slike koji zovemo piksel. Ilustracije radi predstavimo slovo J u mreži tacaka, koje mogu da predstavljaju piksele. Oblik slova definišimo znakom "x" kao sto je to pokazano na slici 1a.



Kompjuter ce ovakvu predstavu prevesti u oblik nula i jedinica. Tamo gde je "x" biće jedinice a gde su samo tacke biće nule, Izgled binarne slike izgleda sada ovako, slika 1b. Prikaz ove binarne slike na displeju je kao na slici 1c.

Pikseli raspoređeni u x i y pravcu čine matricu slike. Za svaki piksel koristi se određen broj bitova u kojima se memoriše brojna vrednost koja predstavlja tonalitet boje. Radi jednostavnosti, pretpostavimo da posmatramo crno belu sliku. Crno bela slika je predstavljena različitim tonovima sive boje. Granične vrednosti su bela i crna a sve ostale između ove dve boje su sive. Na crno beloj fotografiji je prisutno mnoštvo različitih tonova sive boje. Zavisno od toga koliko nivoa sive boje želimo da imamo u digitalnoj slici, potrebna je odgovarajuća veličina jednog piksela odnosno odgovarajuća matrica za memorisanje digitalne slike. Ljudsko oko ne primećuje pixele koji su dovoljno mali i gusto postavljeni nego ih veže u kontinualnu sliku. Ova osobina ljudskog oka se naziva **prostorna integracija** i ima veoma značajnu ulogu u digitalizaciji slike, ne samo u kompjuterskoj grafici, nego i u medijima kao što su fotografija i filmska traka koje obično smatramo analognim i kontinualnim.

Parametri piksela koji su potrebni da bi se slika zapisala u matrici slike su njegova **pozicija** i **vrednost boje** ili tona. Dakle, svakoj boji koju ima pixel može se dodeliti jedinstven broj. Broj bitova rezervisanih za jedan piksel limitira maksimalan broj nivoa ili tonova boje. Tako se jednim bitom mogu opisati dve boje. Broj bita koji se koristi za opis boje naziva se i **dubina boje**. Ako želimo prikazati veći broj boja, to zahteva i veći memorijski prostor. U tabeli 1 je prikazana zavisnost veličine piksela i broja tonova ili boja koje se mogu u njemu memorisati

Tabela 1 Zavisnost broja boja od veličine piksela.

Veličina piksela (bit)	Broj boja koje se mogu predstaviti
1	2
4	16
8	256
16	64K
24	16M
32	4G

Rekonstrukcija digitalne slike podrazumeva interpretaciju na isti način kao što je vršena digitalizacija. Obično se slika digitalizuje red po red, s leva na desno i odozgo prema dole. Ovi redovi piksela zovu se **raster-scan linije**. Da bi se rekonstruisala ovako dobijena slika potrebno je znati:

- dužinu raster-scan linije (broj piksela u rasteru po horizontali)
- broj raster-scan linija (broj piksela u rasteru po vertikali)
- dubinu boje

Prilikom štampanja rasterske slike važna veličina je i dimenzija rastera u jedinicama dužine koja se zove **rezolucija**. Rezolucija je broj pixela u rasteru po jedinici dužine. Ona se najčešće izražava u "dpi" (dots per inch – broj tačaka po inču).

Ako sliku posmatramo primarno kroz karakteristike pixela, a sekundarno kroz način njihovog kombiniranja u kreiranju slike, videćemo kolor sliku kao kolekciju nivoa (layer-a) jednostavnijih slika, odnosno **kanala**.

Boja pixela je funkcija od tri komponente – crvene, zelene i plave (Red, Green, Blue). Kombinacijom različitih intenziteta ove tri komponente dobijamo čitav spektar boja za svaki piksel. Ako posmatramo jednu komponentu boje (npr. crvenu), svakog piksela u slici, dobićemo specifični kanal kompletne slike. Tako možemo svaku sliku posmatrati kao kombinaciju crvenog, zelenog i plavog kanala.

Digitalni formati zapisa slike

Kada smo digitalizovali analognu sliku smeštamo je u vidu datoteke na eksternu memoriju (disk) računara. Postoji veliki broj različitih formata koje možemo izabrati za memorisanje digitalne slike. Svaki od tih formata ima svoje mane i prednosti. Različiti formati variraju u mogućnostima da podrže pojedine važne osobine slike pa će se u nastavku navesti karakteristike nekih formata.

Kompresija

Kako slike velike rezolucije zahtevaju veliki prostor na disku (npr slika 1024x1024 sa po jednim bajtom za crvenu, plavu i zelenu boju, zahteva 1024x1024x24 bitova tj, 24Mb odnosno 3MB) to je neophodno izvršiti kompresiju. Postoji više metoda za kompresiju, od kojih neke narušavaju kvalitet slike, a neke ne. Ako metoda za kompresiju koja se koristi za pamćenje slike može biti potpuno obrnuta, tako da je dekomprimovana slika digitalno identična komprimovanoj, kaže se da je metoda za kompresiju **bez gubitaka**.

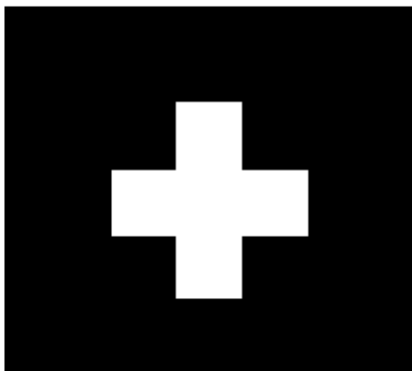
Ako je to nemoguće, radi se o kompresiji sa gubicima. Vrlo često se nalaze lako opravdanja da se može žrtvovati kvalitet slike za uštedu u memorijskom prostoru .

Kompresija bez gubitaka

Postoji nekoliko metoda za kompresiju bez gubitaka i jedan od njih je metoda poznata kao RLE (**Run-Length Encoding**) .

RLE metoda

RLE je metoda koja omogućava značajan nivo kompresije. Posmatrajmo sliku koja ima beli plus na crnoj pozadini.



Slika je izuzetno male veličine (rezolucija 12x12 bitova), ali je zumirana da bi se mogli uočiti pikseli.

Neka je slika crno- bela. Svaki piksel je predstavljen jednim bitom i on može imati vrednost 0 ili 1. Ako pretpostavimo da smo sa 0 predstavili crnu boju a sa 1 belu, matrica digitalne slika će izgledati:

```

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

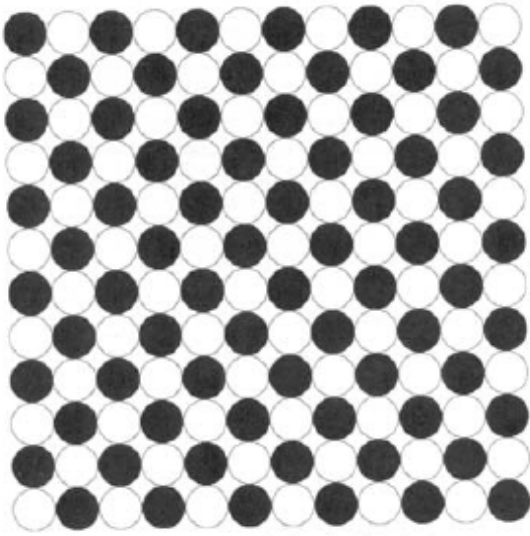
Ako 0 i 1 zapisujemo kao karaktere, tada nam je potrebno $12 \times 12 = 144$ karaktera u obliku matrice da predstavimo ovu sliku. RLE radi na principu analize slike i zamenom redundantnih informacija. U prvoj liniji naše slike je string od 12 nula. Ovo se može zameniti sa jednostavnom notacijom 12:0. Sada smo sveli opis prve linije sa 12 karaktera na 4. Koristeći ovu konvenciju, možemo kodirati celu sliku na sledeći način:

```

12:0
12:0
5:0, 2:1, 5:0
5:0, 2:1, 5:0
5:0, 2:1, 5:0
2:0, 8:1, 2:0
2:0, 8:1, 2:0
5:0, 2:1, 5:0
5:0, 2:1, 5:0
5:0, 2:1, 5:0
12:0
12:0

```

Totalni broj karaktera koje smo koristili za predstavljanje slike je sada 104. Reducirali smo količinu informacija za smeštanje slike skoro za 30%, a originalna slika se može restaurirati bez ikakvih gubitaka. Odmah se može primetiti da ovaj metod ne proizvodi uvek isti stepen kompresije. U mnogome zavisi od sadržaja slike. Ako je slika potpuno bela, stepen kompresije će biti vrlo velik, ali ako imamo sliku kao što je sledeća, ova šema za kompresiju bi dala sledeće rezultate



```

1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1
1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0
1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1
1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0
1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1
1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0
1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1
1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0
1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1
1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0
1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1
1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0, 1:1, 1:0

```

Na ovaj način bismo morali koristiti 542 simbola da predstavimo originalna 144. Poenta ovog primera nije da se dokaže nešto specifično o RLE kompresiji, nego da se istakne činjenica da svi metodi kompresije ne rade jednako dobro na svim vrstama slika. Pokazalo se da je RLE kompresija pogodna za slike koje su generisane pomoću paketa za 3D rendering, jer ova vrsta slika često ima veliki broj pixela identične boje. S druge strane, RLE kompresija nije dobar metod kada su u pitanju slike digitalizirane sa analognog izvora, kao što je film ili video, jer je kod tih slika skoro svaki pixel različite boje.

Kompresija sa gubitkom

Postoji veliki broj formata koji mogu drastično smanjiti prostor potreban za smeštanje slike, ako je korisnik spreman da prihvati određeni gubitak u kvalitetu slike. Verovatno najpopularniji od ovih formata je onaj koji koristi šemu kompresije koju je definisao Joint Photographic Experts Group. Za ovakve slike

se kaže da su smeštene u **JPEG** formatu. Jpeg format ima veliki broj prednosti. Najpre, on radi posebno dobro nad slikama koje potiču sa filma ili videa, delom zbog toga što su artefakti koje on proizvodi dizajnirani tako da se manje primete u područjima koje imaju određenu količinu šuma. Posebno, JPEG kompresija pokušava da održi informaciju o svetlosti i kontrastu (na koje je ljudsko oko posebno osetljivo), na račun određene definicije boja. Ovaj format takođe ima prednost da korisnik može odrediti nivo kompresije. Zato se može dobro naći kompromis između kvaliteta slike i količine prostora potrebne za njeno smeštanje.

Vrste formata

U nastavku su date neke osnovne vrste formata zapisa slike i njihove karakteristike.

- GIF ([Graphics Interchange Format](#)) format - dubina boje 8 bita, pogodan za slike koje se prezentuju na Internetu
- animirani GIF format - isti kao GIF samo što čuva pokret, pogodan za animacije na web stranicama
- JPEG (Joint Photographic Experts Group) format - univerzalni format, nudi korisniku da izabere kvalitet i kompresiju slike, pogodan za sve primene
- Targa format - dubina boje do 32 bita, pogodan za štampane materijale, veliki fajlovi
- TIFF ([Tagged Image File Format](#)) format - sličan kao Targa, koristi se u pripremi za štampu, veliki fajlovi
- AVI (**A**udio **V**ideo **I**nterleaved) format - čuva pokret, koristi se za animacije i za zapis digitalizirane slike sa kamere ili video trake
- MPEG (**M**oving **P**icture **E**xperts **G**roup) format - čuva pokret, koristi se u iste svrhe kao AVI, fajlovi manji od AVI-ja, ali lošijeg kvaliteta

Kvalitet rasterske slike

- Kvalitet rasterske slike je određen brojem piksela (**rezolucija**) i dubinom boje (brojne vrednosti za svaki piksel)
- Rasterska slika se ne može povećati na veću rezoluciju bez gubitka kvaliteta slike

Rasterska slika može biti:

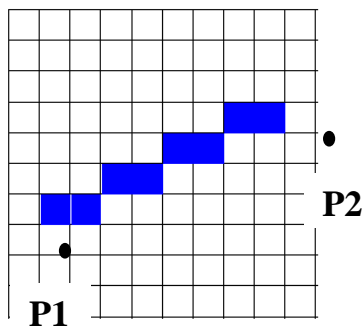
- Binarna,
- Crnobela (grayscale)
- Kolor

Vektorska grafika

Vektorska grafika ili **geometrijsko modeliranje** (*Vector graphics, geometric modeling*) je način prikazivanja slike pomoću geometrijskih elemenata kao što su tačke, linije, krive i poligoni, a koji su definisani matematičkim jednačinama.

U principu, vektorski oblici se mnogo lakše pamte nego rasterske (bitmap) slike. Za njihovo memorisanje potrebno je mnogo manje memorije nego za rasterske slike. Skoro svi današnji kompjuterski grafički prikazi prevode vektorsku sliku u rasterski format neke slike. Pojam vektorska grafika je većinom korišten u kontekstu dvo-dimenzionalne kompjuterske grafike

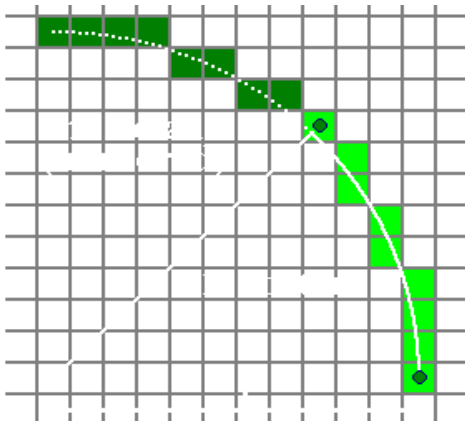
Predstavljanje prave



Slika 2

U raster tehnici, prava koja je definisana sa dve tačke, $P1(x1,y1)$ i $P2(x2,y2)$, predstavljena je na na slici 2. U vektorskom obliku ista prava bi bila zapamćena kao koordinate tačaka P1 i P2 i jedna topološka informacija koja govori da pomenute tačke pripadaju datoj pravoj.

Predstavljanje kruga



Slika 3

Krug je definisan svojim poluprečnikom i centrom kruga. Iz jednačine kruga može se izračunati mnoštvo tačaka na kružnici, ali zbog celobrojnih koji se donose na piksele, kružnica će biti predstavljena kao na slici 3, gde je prikazana kružnica samo u prvom kvadrantu. Ako bismo pamtili raster sliku onda bi nam bilo potrebno toliko memorije koliko ima piksela puta broj bitova po pikselu. Vektorski oblik memorisanja kruga sastoji se samo u memorisanju centra kruga i radiusa. U slučaju kružnog luka pored centra i poluprečnika, bilo bi potrebno pamtili i početni i ugao luka.

OPŠTA KLASIFIKACIJA HARDVERA

Ne ulazeći u opštu arhitekturu kompjutera, ovde ćemo samo pomenuti osnovne hardverske komponente koje omogućavaju primenu kompjuterske grafike. I ako smo kao korisnici najviše vezani za ulazno/izlaze jedinice potrebno je pomenuti i ovom prilikom grafičku karticu i grafički procesor.

Grafička kartica, Grafički adapter, VGA kartica ili video kartica (*graphics card, video card, vga card, graphics adapter*) daje i obrađuje dvodimenzionalnu ili trodimenzionalnu sliku.

Grafički procesor (GPU) je glavni deo na kartici, a njegova uloga je prevođenje digitalnog oblika u vidljivu sliku na nekom grafičkom izlaznom uređaju. Princip je jednostavan, centralni procesor odnosno korisnikov softver šalje informacije grafičkom procesoru koji potom obrađuje dobijene informacije i šalje ih na monitor.

Izlazni uređaji

- **Monitor**
 - Katodni monitor CRT (Cathode ray tube)
 - Ravni monitor
 - LCD monitor (Liquid crystal displays)
 - DLP monitor (Digital Light Processing)
 - Plazma monitor
 - OLED monitor (Organic light-emitting diode displays)
 - LED monitor (Light-emitting diode display)
 - ELD monitor (Electroluminescent displays)
 - Memorijski grafički monitor (Storage tube)
- **Štampač**
 - Laser printer
 - Inkjet printer
 - Electrostatic printer
 - Thermal printer
- **Film recorder**
- **Ploter**
- **Head-mounted display**

- **Projektor**

- Video projektor
- LCD projektor
- Laser projektor
- Laser display
- Holographic display

OPŠTA KLASIFIKACIJA HARDVERA

Ulazni uređaji

Tipovi logičkih ulaznih uređaja

- Tastatura
- Pozicioneri
 - Relativni pozicioneri
 - miš
 - kugla (trackball)
 - Absolutni pozicioneri
 - Tablet
 - Touchscreen

3D ulazni uređaj

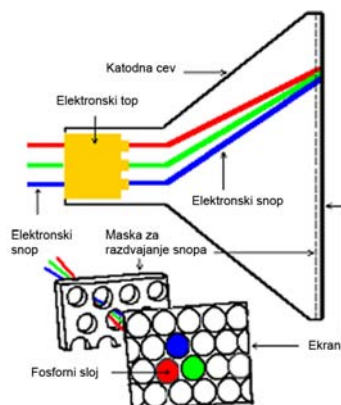
- Daje 3D poziciju i položaj
- Vraća programu vrednost x,y,z koordinate i vrednost tri ugla rotacije

Primer: prostorna kugla (spaceball), leteći miš (flying mouse), rukavica (glove)

MONITOR

Katodni monitor CRT (*Cathode Ray Tube*)

Katodni monitor je grafički izlazni uređaj zasnovan na principu katodne cevi.



Slika 4

Unutrašnjost katodne cevi , slika 4, čini:

1. Elektronski top
2. Elektronski snop
3. Maska za razdvajanje snopa za crvene, zelene i plave delove slike
4. Fosforni sloj sa crvenim, zelenim i plavim zonama

Uvećani prikaz unutrašnjosti ekrana koji je prekriven fosforom prikazan je u donjem delu slike 4.

Ekran CRT monitora se sastoji od miliona sitnih crvenih, zelenih i plavih fosfornih tačkica koje svetle kada ih "udari" elektron što potom stvara sliku na ekranu. Unutar katodne cevi se nalazi katoda u vidu zagrejjane niti koja je smeštena u vakumskoj staklenoj cevi. Katodno zračenje je ustvari tok elektrona koji stvara elektronski top. Ekran je prekriven fosfornim materijalom koji praktično svetli ako je "pogođen" elektronom. Fosforni sloj se sastoji od crvenih, zelenih i plavih zona pomoću kojih se dobija boja i na taj način se dobija osnovna slika na ekranu koja se potom filtrira da bi se dobila konačna slika koju mi vidimo na ekranu. Postoji nekoliko vrsta filtriranja.

Rezolucija

Rezolucija je broj piksela na ekranu i sastoji se od horizontalnih vrsta ("X") i vertikalnih ("Y") kolona piksela. Prema standardu pri definisanju rezolucije prvo se navodi broj horizontalnih piksela (npr. 1024), a onda broj vertikalnih piksela (npr. 768), što definiše rezoluciju od 1024 x 768. CRT monitor može podržati više rezolucija čiji kvalitet zavisi od veličini tačke (piksela). Za razliku od LCD monitora koji dobro rade samo na njihovoj prirodnoj rezoluciji, CRT monitor ima isti ili sličan kvalitet slike i na manjim ili većim rezolucijama. To, pre svega, zavisi od fizičke veličine monitora i veličina piksela (*dot pitch*), iako CRT monitor može koristiti i manje i veće rezolucije, on ima svoju preporučenu rezoluciju na kojoj će najbolje ispoljiti svoje performanse.

MONITOR

Veličina monitora

Veličina monitora se meri u inčima ("), ali to nije stvarna veličina prikaza (ekrana). Broj koji označava veličinu monitora odnosi se na veličinu dijagonale ekrana.

Do sada najviše korišteni monitori u opštoj upotrebi su 17" modeli koji su prilično jeftini a nude ipak dovoljnu rezoluciju za rad (1024 x 768 preporučljiva). Zahtevniji korisnici koriste 19" monitor (1280 x 1024 preporučena rezolucija), dok grafički profesionalci traže monitore veće od 21" (minimalno: 1600 x 1200 preporučena rezolucija).

Broj tačkica na jedinici dužine (*Dot pitch*)

Od veličine i broja tačaka zavisi i kvalitet slike, te njena oštrina. Ako su tačke bliže jedna drugoj i ako su manje, slika će biti oštrija i razumljivija.

Raspodela tačaka nije ista na svakom monitoru, jer monitori koji koriste različite tehnike filtriranja (npr. *Aperture grill*, *Shadow mask*) nemaju isti raspored tačaka.

Brzina osvežavanja (Refresh Rate)

Brzina osvežavanja označava koliko puta je slika na monitoru generisana svake sekunde. Poznato je da ljudsko oko može registrovati do 24 promene slika u sekundi. Ako je taj broj veći od 24 ljudsko oko ne može registrovati promene, iako većina primećuje razliku ako je brzina osvežavanja na 60Hz (tada je slika oštra, ali i nemirna i neugodna za rad jer slika treperi) ili 75Hz (tada je slika malo mutnija, ali znatno stabilnija i prijatnija za rad). Što je veća vrednost *refresh rate*-a to je slika stabilnija.

Standard prikaza (Aspect Ratio)

Standard prikaza kod većine monitora, ili odnos širine i visine monitora, je 4:3, iako postoje neki manje poznati kao 16:10 koji pretežno služi za DVD filmove na *widescreen* ekranima.

Dubina boje (Color Depth)

Dubina boje je saglasna broju bitova koji sadrži jedan piksel. Što je veća dubina boje to je veći broj boja i nijansi koliko ih može prikazati monitor.

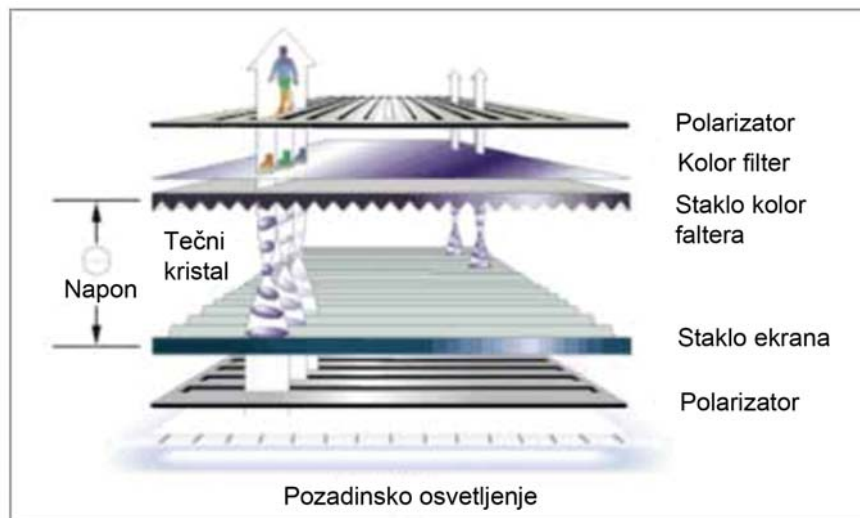
Zračenje i zamor

Iako CRT monitori zrače X-zrake, oni su uglavnom bezopasni jer gotovo sve zračenje zaustavlja debeli ekran. Takođe i brzina osvežavanja monitora je zamorna za ljudsko oko. Starost monitora je takođe bitna jer suviše star monitor daje sve mutniju sliku što ima za posledicu da se ljudsko oko zamara veoma brzo pri korišćenju takvih monitora.

MONITOR



LCD monitor (Liquid Crystal Display)



Slika 5

LCD je ravni, tanki monitor čiji je ekran sastavljen od određenog broja piksela koji su poredani ispred nekog svetlosnog izvora, troši veoma malo električne energije, te zauzima malo prostora. LCD radi na principu tečnih kristalnih molekula.

Tečni kristal je želatinasta masa, koja je smeštena između prozirnih elektroda, slika 5. Pod delovanjem upravljačkog napona na elektrode, čestice kristala se orjentišu u određenom smeru i počinju ispoljavati polarizirajući efekat, propuštajući samo određeni deo svetlosnog spektra. Propuštanjem željenog dela spektra i blokiranjem neželjenog određuje se intenzitet i boja svetlosnog elementa (piksela) i na taj način se generiše slika kao matrica upravljivih piksela.

Postoje dva osnovna tipa LCD ekrana: monohromatski i kolor. Monohromatski su znatno jednostavniji i samim tim jeftiniji. Kolor varijante su puno kompleksnije, a samim tim i skuplje.

Slika se formira osvetljavanjem jedne za drugom linije od vrha do dna ekrana, dok se ne generiše cela slika. To znači da je vreme osvetljaja osnovnog elementa slike = vreme osvetljaja cele linije / broj elemenata slike na liniji. Ovako malo vreme se negativno odražava na nivoe osvetljaja i kontrasta. Kontrast je odnos najsvetlijeg i najtamnijeg elementa slike. Pošto se slika formira iz linija, prva linija mora zadržati osvetlaj dok se ne generiše zadnja linija slike. To znači da se moraju koristiti ekrani sa velikom perzistencijom. Visoka perzistencija znači tromost ekrana što se može odraziti na kvalitet prikaza dinamičkih slika.

Tehnologija proizvodnje ovih ekrana poznata je pod imenom TFT (*Thin Film Transistor*), a naziv potiče od načina proizvodnje upravljačkih tranzistora. Kod

kolor ekrana upravlja se svakim elementom slike posebno, pa je broj upravljačkih tranzistora veoma velik. Obzirom da se upravlja pojedinačnim elementima slike, perzistencija ekrana nije problem i može biti minimalna. Dinamika slike više ne zavisi od perzistencije ekrana, ali se kao problem javlja tromost samog tečnog kristala.

Osobine LCD prikaza

- **Prirodna rezolucija**

LCD monitori ispoljavaju najbolje hardverske performanse kada rade na jednoj rezoluciji koja zavisi od tečnog kristala i veličine ekrana. Moguće je postaviti rezoluciju koja nije prirodna za neki LCD monitor, ali tada opada kvalitet slike. Pored gubitka kvaliteta slike rad na rezoluciji koja nije prirodna za dati LCD monitor može izazvati i deformaciju slike.

- **Brzina Odaziva** (*Response Rate*)

Brzina odaziva označava brzinu kojom piksel može menjati boje. Što je ta brzina veća to je kvalitet prikaza bolji. Vreme promene boje se meri u milisekundama. Kao negativan efekat male brzine promena boje može se pojaviti efekat "kašnjenja" slike što je naročito uočljivo pri prikazu filmova i 3D igara.

- **Ugao gledanja**

Za razliku od CRT monitora, LCD monitori ne daju isti kvalitet slike ako se u njih gleda iz različitih uglova. Obično ako gledamo LCD sa strane, boje gube kvalitet, prikaz je zamućen pa čak i nečitljiv. Zbog ovog fenomena, razvoj tehnologije LCD monitora dovela je do razvoja tkz. *widescreen* ekrana koji su horizontalno produženi što prirodno odgovara čovečijem oku.

Osvetljenje i kontrast

Osvetljenje kod LCD monitora se meri u Kandelama po kvadratnom metru (cd/m^2). Obično varira od 250 do 350 cd/m^2 . Kontrast je mera mogućnosti LCD-a da prikazuje bele i tamne tonove. Što je taj odnos veći to je monitor kvalitetniji. Današnji LCD monitori imaju kontrast od 450:1 pa sve do 2000:1.