

## 3.4 PRIKAZNE TEHNOLOGIJE

Kvaliteta slike na prikaznim uređajima ovisi o veličinama koje određuju sposobnost prikazivanja najmanjih elemenata i najfinijih struktura. **Veličina tačke** (*dot size, spot size*) je promjer jedne tačke na slici koju generira uređaj na svom izlazu. **Gustoća tačaka** ili adresabilnost (*adressability*) je broj pojedinačnih (ne nužno i razlučivih) tačaka po jedinici dužine (u pravilu se koristi jedinica dpi - dots per inch), koje je moguće generirati. Ova se veličina može razlikovati za vertikalnu i horizontalnu dimenziju. Adresabilnost u smjeru x ose odgovara recipročnoj vrijednosti razmaka između središta tačaka na adresama  $(x,y)$  i  $(x+1,y)$ , a adresa u smjeru y ose recipročnoj vrijednosti razmaka između središta tačaka na adresama  $(x,y)$  i  $(x,y+1)$ . **Razmak među tačkama** (*interdot distance*) recipročna je vrijednost adresabilnosti. Obično je poželjno da veličina tačke bude nešto veća od razmaka među tačkama, jer se na taj način omogućava prikazivanje glatkih oblika, zbog djelomičnog preklapanja susjednih tačaka.

**Rezolucija** predstavlja broj razlučivih linija po jedinici dužine (uobičajeno se koristi jedinica inč), koje uređaj može generirati. Definira se kao najveći broj razlučivih izmjeničnih crnih i bijelih linija po jedinici dužine (uobičajeno se koristi jedinica: lines per inch, ili u slučaju izražavanja u broju crno-bijelih parova linija: line-pairs per inch).

### 3.4.1 Tehnologije štampanja

U nizu primjena važno je imati mogućnost stvaranja trajnog prikaza slike generirane računarskim grafičkim sistemom. Najprikladnijim načinom pokazalo se štampanja slike na papir. **Razvijen je čitav niz tehnologija za štampanje prikaza, kreiranih pomoću računarskih grafičkih sistema, uključujući: matrične štampače (dot-matrix printer), plotere (pen plotter), laserske štampače (laser printer) i druge.**

**Matrični štampač** koristi glavu sa 7 do 24 iglice koje se pojedinačno mogu pokretati i na taj način pritiskati vrpca natopljenu tintom na površinu papira. Glava se pokreće u koracima slijeva nadesno i red po red odozgo prema dole. Na taj način ostvaruje se rasterska struktura mogućih tačaka na otisnutoj slici. Gustoća tačaka u ovoj strukturi može se povećati dvostrukim prolaskom glave preko istog retka, uz pomak za polovicu razmaka među iglicama. Takođe, moguće je štampati i slike u boji, primjenom vrpca u boji.

**Ploter** iscrtava sliku kretanjem pera preko površine papira. U tehnologiji plotera s ravnom pločom (flatbed plotter) papir se pričvršćuje na ploču elektrostatskim nabojem, 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 rotacijskih plotera (drum plotter), papir se rotira pomoću bubnja koji rotira, a pero se pokreće duž linijske putanje uzduž bubnja u oba smjera.

**Elektrostatički ploter** (*electrostatic plotter*) nanosi negativni električni naboj na dijelove bijelog papira koji trebaju postati crni. Nakon toga ga izlaže toku pozitivno nabijenog crnog tonera, koji prijanja uz mjesta s negativnim nabojem.

U **laserskom štampaču**, laserska zraka prelazi preko pozitivno nabijenog rotirajućeg bubnja, presvučenog slojem selena. Područja preko kojih prijeđe zraka gube naboj, a pozitivni naboj ostaje samo na područjima koja trebaju postati crna. Negativno nabijeni toner u prahu prijanja na pozitivno nabijena područja bubnja, a zatim se prenosi na bijeli papir. Za štampu u boji postupak se ponavlja tri puta, za svaku primarnu boju po jednom. Laserski štampači procesorski su upravljani. Procesori obavljaju i rastersku pretvorbu slike. Često pri tome koriste Postscript, jezik za opis dokumenata i slika.

**Tintni štampač** (*ink-jet printer*) nanosi tintu na površinu papira. Štampači u boji nanose cijan, magenta, žutu, a ponekad i crnu boju na papir. U većini slučajeva pera s tintom su ugrađena u glavu koja se pokreće lijevo i desno, dok se papir pokreće redak po redak, kao kod matričnih štampača. Sve boje nanose se istovremeno.

**Štampač s toplinskim prijenosom** (*thermal-transfer printer*) koristi tehnologiju sličnu elektrostatičkim ploterima. Grijači prenose pigment s voštanog papira u boji na čisti papir. Voštani papir u boji i čisti papir zajedno se provlače ispod trake s grijačima koji se selektivno griju. Za štampanje u boji koriste se namoti voštanog papira s trakama u cijan, magenta, žutoj i crnoj boji.

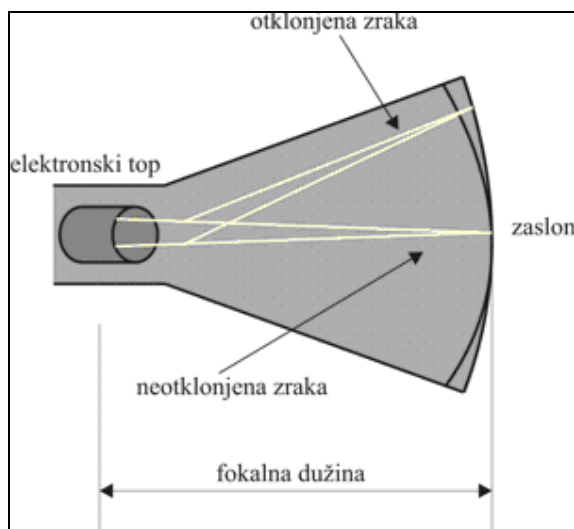
**Toplinski sublimacijski štampač** (*thermal sublimation dye transfer printer*) temelji se na tehnologiji sličnoj štampačima s toplinskim prijenosom. Kvalitetniji proces grijanja i prijenosa boje omogućava nanošenje više

razina (tipično 256) intenziteta cijan, magenta i žute, čime se ostvaruje visokokvalitetna reprodukcija slike s punom bojom.

## 3.4.2 Tehnologije ekrana

Interaktivna računarska grafika zahtijeva tehnologiju prikaznog uređaja na kojem se slike mijenjaju brzo i uz minimalan trošak po slici. Ove zahtjeve ispunjava koncept ekrana kao prikaznog uređaja koji služi za privremeni prikaz slike, ali s proizvoljnim trajanjem. Kao i koncept prikaznog uređaja koji stvara trajnu sliku štampanjem na papir, i ovaj koncept realizira se nizom različitih tehnologija.

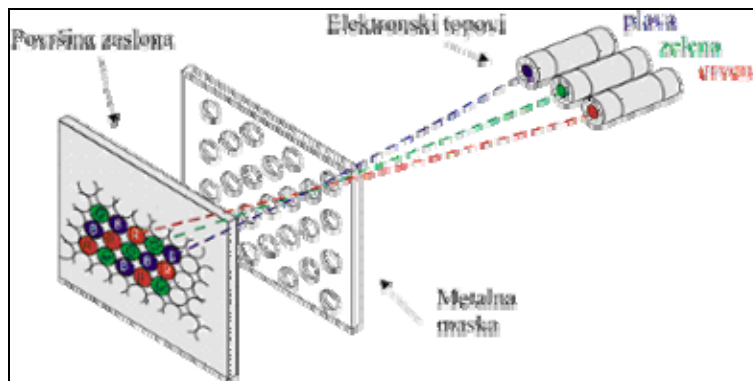
Najpoznatija i najraširenija tehnologija je tehnologija **cijevi s katodnim zrakama** (katodna cijev), koja se često označava kraticom CRT (*cathod ray tube*). Monokromatska katodna cijev, kakva se koristi u računarskim grafičkim sistemima, u osnovi je ista kao i kod crno-bijelog televizora. Elektronski top generira tok elektrona koji se ubrzavaju prema ekranu (screen) presvučenom slojem fosfora visokim pozitivnim naponom (tipično reda 15000V-20000V). Na putu prema ekranu elektroni se skupljaju u usku zraku pomoću mehanizma za fokusiranje i usmjeravaju se prema određenoj tački na ekranu pomoću otklonskog mehanizma. Kad elektroni pogode ekran, fosfor zrači vidljivu svjetlost. Svjetlost fosfora eksponencijalno opada s vremenom. Stoga prikaz treba osvježavati (refresh) uobičajeno 60 puta u sekundi. **Naponom upravljačke rešetke može se upravljati brojem elektrona koji stižu na ekran, odnosno intenzitetom svjetlosti pojedine tačke ekrana.** U stvarnosti je snop elektrona prostorno respodijeljen po normalnoj (Gaussovoj) razdiobi oko središta tačke. Zato tačka nema oštru granicu, nego joj intenzitet opada po Gaussovoj krivulji, idući od središta tačke. Kao granica za određivanje dimenzije tačke uzima se udaljenost od središta na kojoj je intenzitet upola manji od intenziteta u središtu. Tipične vrijednosti promjera tačke su reda 0.01 mm.



Sl. 3.4.1 Koncept katodne cijevi.

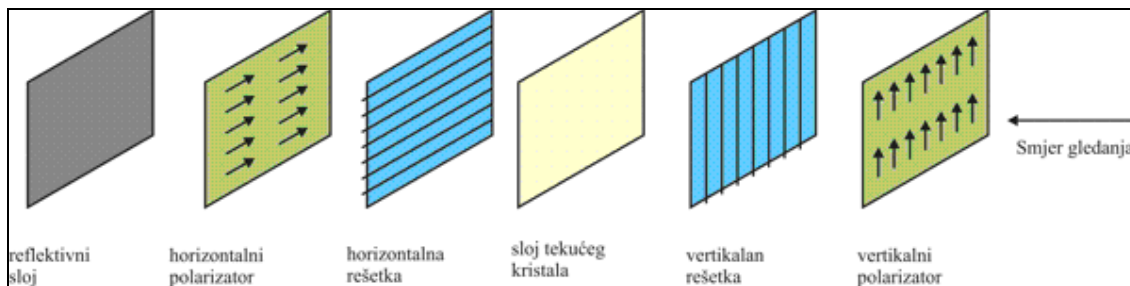
**Vertikalna rezolucija rasterskog monitora** (izražena u broju linija po jedinici dužine, uobičajeno lines per inch) određena je u prvom redu veličinom tačke. Horizontalna rezolucija određena je veličinom tačke i brzinom uključivanja i isključivanja zrake, dok se kreće preko horizontalnog retka, odnosno pojasnom širinom katodne cijevi. Rezolucija nije konstantna, već ovisi o pojačanju vertikalnih i horizontalnih otklonskih pojačala. Ova pojačala ustvari određuju na koliku površinu ekrana će se projicirati slika definirana bit mapom. Važno je uočiti da rezolucija ne ovisi o bit mapi.

**Monitori u boji** (kao i televizor u boji) koriste se tehnologijom katodne cijevi s metalnom maskom. Vidljiva površina sastoji se od skupina crvenih, zelenih i plavih tačaka, koje se zbog malih dimenzija i svojstva prostorne integracije ljudskog oka vide kao jedna boja sastavljena od tri komponente. Rezultirajuća boja ovisi o intenzitetima pojedinih komponenta. Metalna maska omogućava da zraka selektivno pogađa samo jednu vrstu tačaka. Na taj način se upravlja bojom svake pojedine tačke. Jedna vrsta rasporeda crvenih, zelenih i plavih tačaka je trokutasog oblika, ali veća preciznost se lakše ostvaruje linijskim rasporedom fosfornih tačaka.



Sl. 3.4.2 Koncept prikaznog uređaja u boji s tri primarne boje.

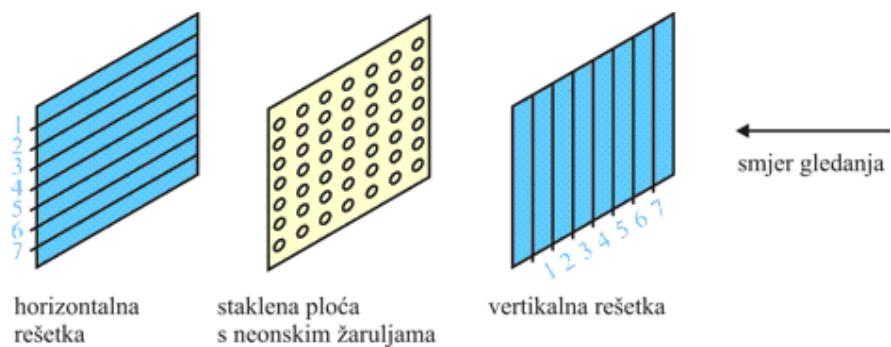
Tehnologija prikaznog uređaja s **tekućim kristalom LCD** (*liquid-crystal display*) vrlo je popularna za prenosne računare, a sve više i za desktop računare, zbog znatno manjih dimenzija, težine i potrošnje energije od CRT uređaja. Tehnologija se temelji na šesteroslojnoj strukturi. Prednji sloj je vertikalna polarizacijska ploča. Drugi sloj sadrži vertikalnu rešetku od tankih žica. Treći je sloj tekućeg kristala, debljine reda jednog mikrona. Četvrti sloj je horizontalna rešetka od tankih žica. Peti sloj je horizontalna polarizacijska ploča. Posljednji, šesti sloj je reflektor. Polarizirana svjetlost prolazi kroz pet slojeva i reflektira se natrag od šestog sloja - reflektora.



Sl. 3.4.3 Prikaz slojeva u uređaju s tekućim kristalom.

Tekući kristal se sastoji od dugih molekula kristala. Pojedinačne molekule normalno se raspoređuju spiralno i rotiraju polarizaciju ulazne svjetlosti za 90°. Takva svjetlost prolazi kroz horizontalnu polarizacijsku ploču, pa je vidljiva i gledatelju. U električnom polju kristali se postavljaju u istom smjeru i ne rotiraju polarizaciju ulazne svjetlosti. Takva svjetlost ne prolazi kroz horizontalnu polarizacijsku ploču, već se apsorbira, pa gledatelj vidi crnu površinu. Točke koje će biti osvijetljene, odnosno tamne, određuju se matričnim adresiranjem pomoću vertikalne i horizontalne rešetke. Tamna tačka će biti na mjestu sjecišta projekcija žice iz vertikalne rešetke, kojoj je narinut pozitivni napon i žice iz horizontalne rešetke, kojoj je narinut negativni napon. Kombinacija pozitivnog napona s desne strane kristalnog sloja i negativnog napona s lijeve strane kristalnog sloja poreda kristale na tom mjestu.

**Plazma panel** (*plasma panel*) je struktura malih neonskih žarulja 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 žarulja počinje svijetliti. To se stanje može podržavati s nižim naponom, a za promjenu stanja potrebno je smanjiti napon ispod nužne granične vrijednosti podržavanja. Prednosti ovakvih uređaja su ravnoća, transparentnost, robusnost i nepotrebnost bit mape za osvježavanje.



Sl. 3.4.4 Slojevi u plazma panelu

**Elektroluminiscentni prikazni uređaji** (*electroluminiscent display*) sastoje se od slične rešetkaste strukture kao i LCD uređaji. Između prednje i stražnje ploče rešetke smješten je tanak sloj (tipično debljine reda 500 nm) elektroluminiscentnog materijala koji zrači svjetlost kad se nalazi u jakom električnom polju (reda  $10^6$  V/cm). Pojedine tačke se osvijetljavaju matičnim adresiranjem. Ovi uređaji daju sliku visokog sjaja i mogu se uključivati/isključivati brzo. Mogu se koristiti tranzistori za svaki piksel za pohranu slike. Osnovni nedostatak je velika potrošnja energije.