

# RAČUNARSKA GRAFIKA

Oznaka predmeta: RAG

Predavanje broj: 2

Nastavna jedinica: Interakcija. Grafički izlaz.

## Nastavne teme:

Upravljanje interakcijom. Tehnologije grafičkog izlaza. Vektorski grafički sistem. Rasterski grafički sistem. Prednosti i nedostaci rasterske grafike. Tehnologije trajnog prikaza. Štampači. matrični štampači. Postizanje tonskih prelaza. Ink-jet štampači. Laserski štampači.

**Predavač:** prof. dr Perica S. Štrbac, dipl. ing.

## Literatura:

D. Cvetković: Računarska grafika, CET, Beograd, 2006.

D. Cvetković, D. Dulanović, N. Marković: OpenGL: praktikum, CET, 2006.

James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, John F. Hughes: Computer Graphics: Principles and Practice, 2nd ed. in C, 2000.

# Upravljanje interakcijom

- Upravljanje interakcijom predstavlja obradu korisničke akcije (događaja ulaznog uređaja (miš, džojstik, tastatura...) kao lokacijskog uređaja u smislu generisanja koordinata lokacije na ekranu) pokretanjem računarske reakcije koju pokreće taj događaj.
- Tipična aplikativna programska šema za upravljanje interakcijom naziva se petlja za čekanje događaja (*event-driven loop*).
  - Petlja predstavlja sekvencijalni automat sa konačnim brojem stanja sa središnjim stanjem čekanja.
  - Prelazi u druga stanja uzrokovani su korisničkim ulaznim događajima.
  - Ovaj model interakcije ograničen je na sekvencijalni dijalog između korisnika i sistema (ping-pong model naizmeničnih korisničkih upita i odgovora računara).
- Složeniji koncepti interakcije uključuju više paralelnih komunikacija.
- Primer petlje za čekanje događaja za generisanje početnog ekrana:

```
while(!quit){  
    omogućavanje izbora komandi; čekanje na izbor korisnika;  
    switch (izbor){  obrada izbora; }  
}
```

# Upravljenje interakcijom

- Alternativna programska šema za upravljanje interakcijom zasniva se na uzorkovanju ulaznih uređaja i prihvatanje njihovih tekućih vrednosti.
- Program koristi vraćenu vrednost kao ulaz za obradu koja menja stanje aplikativnog programa, pogled na model (sliku) i bazu podataka (aplikativni model).
- Aplikativni program može da odgovara na korisnikove akcije kao što sledi:
  - Korisnikova akcija zahteva samo da se ažurira slika na ekranu, npr. osvetljavanjem selektovanog objekta ili čineći raspoloživim novi meni za izbor.
    - Aplikacija treba samo da ažurira svoje interno stanje i da pozove grafički paket da ažurira ekran.
  - Korisnikova akcija zahteva promenu u modelu npr. dodajući ili brišući komponentu.
    - Aplikacija mora da ažurira model i pozove grafički paket da ažurira ekran na osnovu modela.
    - Ceo model se ponovo pretražuje da se regeneriše slika od nule, ili uz pomoć sofisticiranih algoritama za **inkrementalno ažuriranje**, ekran se ažurira selektivno.

# Upravljenje interakcijom

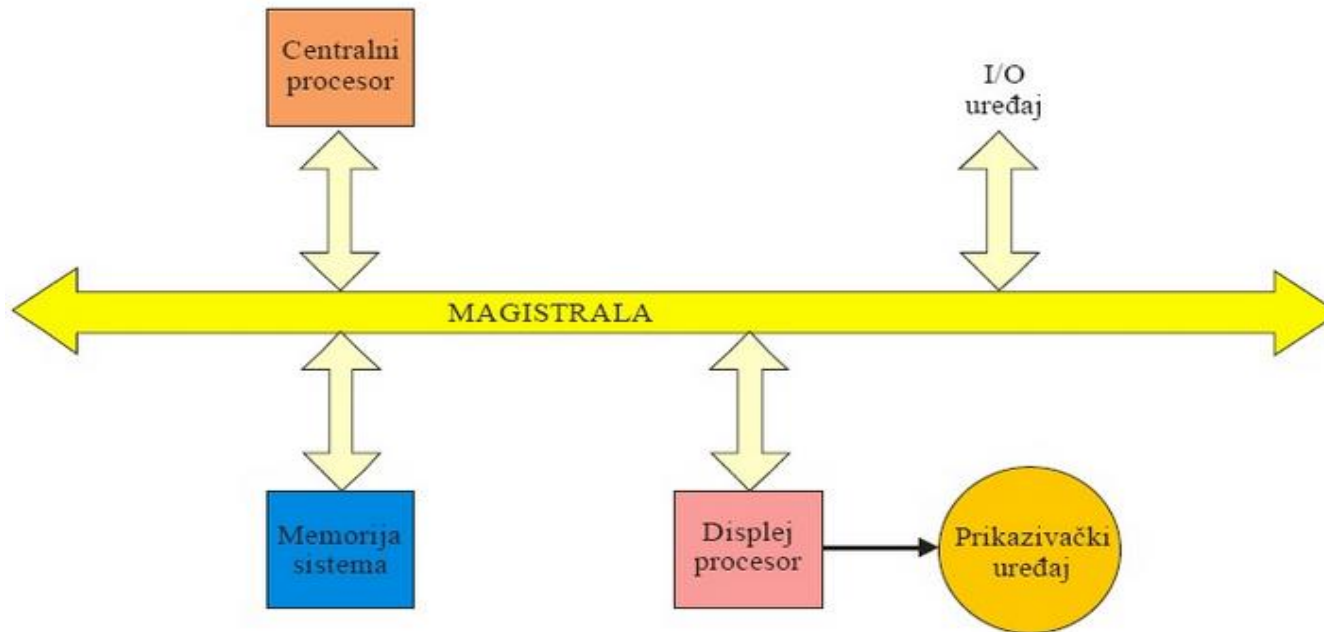
- Ekran je “prozor na računaru” u kome korisnik manipuliše ne slikom već modelom koji je iza slike.
  - Samo su u aplikacijama za slikanje i obradu model i slika identični.
- Posao grafičke aplikacije je interpretiranje korisnikovog ulaza.
- Posao grafičkog sistema je da kreira slike iz geometrijskih opisa i da prosleđuje ulazne podatke.
  - Grafički sistem nije odgovoran za izmenu modela usled korisničke akcije.
- Današnji alati za razvoj grafičkih aplikacija na prozorski orijentisanim operativnim sistemima daju mogućnost obrade događaja prouzrokovanih ulaznim uređajima u posebnim rutinama (*event-handling* rutine).
  - Primer event-handling rutine grafičkih aplikacija su događaji vezani za miš kao što je OnMouseClicked, OnMouseMove ili druge.
  - U budućnosti se očekuje više paralelnih konverzacija sa simultanim ulazima i izlazima koji koriste više komunikacionih kanala tj. kombinacija grafike i glasa.

# Tehnologija grafičkog izlaza

- Tehnologija grafičkog izlaza bitno utiče na arhitekturu grafičkih sistema. Na osnovu toga razlikujemo dve osnovne grupe grafičkih sistema ili displeja:
  - vektorski grafički sistemi,
  - rasterski grafički sistemi.
- **Vektorski grafički sistemi**
- Nastaju sredinom 60-ih godina i u upotrebi su bili do sredine 80-ih godina.
- Osnovni element uređaja za prikaz (grafičkog prikaza) je “vektor” (crta) koja povezuje dve (proizvoljno) odabrane tačke na ekranu. Grupa naredbi upravlja elektronskim mlazom tako da se povežu krajnje tačke pojedinih crta.
- Tipičan vektorski sistem se sastoji od:
  - displej-procesora (povezan kao U/I jedinica na centralnu procesnu jedinicu (CPU)) koji intepretira grafičke naredbe i prosleđuje koordinate tačaka displej-bafer memoriji,
  - displej-bafer memorije (sadrži displej listu ili grafički program),
  - displej kontrolera (pretvara digitalne koordinate u analogne vrednosti napona za katodni sistem)
  - prikazivačkog uređaja

# Vektorski grafički sistemi

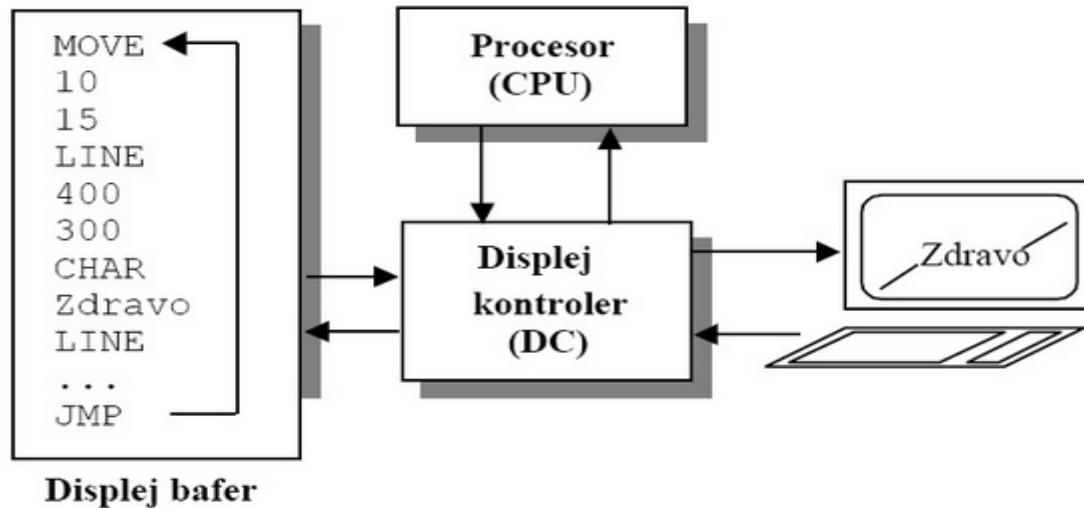
- Arhitektura vektorskog grafičkog sistema prikazana je na slici:



- Centralni procesor izvršava aplikativni program i grafički paket koji su smešteni u memoriji sistema.
  - Grafički paket kreira displej listu i ukazuje na početnu naredbu.
  - Memoriji sistema pristupaju centralni procesor i grafički uređaj za prikaz tzv. displej procesor (prikazivačka procesorska jedinica, displej kontroler).
- Grafički prikazivački (displej) procesor prima, dekodira i izvodi naredbe iz displej liste.

# Vektorski grafički sistemi

- Blok šema vektorskog prikazivačkog uređaja (displeja) prikazana je na slici



- Displej lista ili grafički program sadrži niz grafičkih naredbi (npr. za crtanje tačaka, crta, znakova).
- Na kraju je naredba **JMP** (skok) koja vraća procesor na početak liste. Procesor ciklično ponavlja naredbe iz displej liste frekvencijom od najmanje 30 puta u sekundi i na taj način stvara prividan prikaz mirne slike jednakog intenziteta na fosfornom ekranu koji nekoliko desetaka ili stotina milisekundi emituje osvetljenost.
- Tehnika prikaza na vektorskim uređajima se naziva slučajnim skeniranjem (*random-scan*).

# Vektorski grafički sistemi

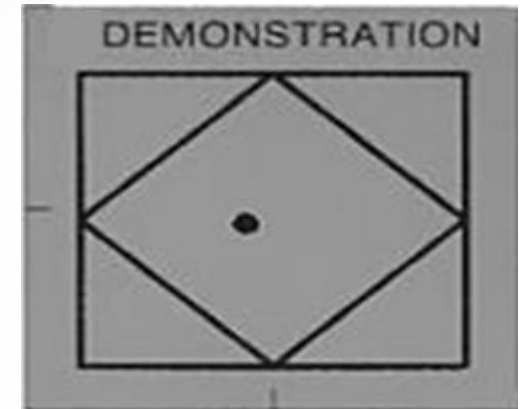
- Procesor u pravilu ima X i Y registre i brojač naredbi.
- Naredbe su definisane kao 16-bitne reči.
- Tipična je naredba LD sa svojstvima  
M - load and move - za pomeraj  
P - load and point - crtanje tačke  
L - load and line - crtanje ravne crte.
- Parametar R/A određuje da li se radi o:
  - relativnoj adresi
  - apsolutnoj adresi
- Vektorski grafički sistemi nemaju mogućnost prikaza ispunjenih površina, manipulaciju bitovima i tablicama, ali mogu ostvariti veće rezolucije od rasterskih sistema i prikazivati glatke kose crte.

```
LD {X/Y} {R/A} M   [ 0 0 0 X/Y R/A (X/Y/dX/dY) ]  
LD {X/Y} {R/A} P   [ 0 0 1 X/Y R/A (X/Y/dX/dY) ]  
LD {X/Y} {R/A} L   [ 0 1 0 X/Y R/A (X/Y/dX/dY) ]  
  
{X/Y}: 0 => X , 1 => Y  
  
{R/A} : 0 => dX/dY , 1 => X/Y
```



# Vektorski grafički sistemi

SQUARE:	LDXA	100	Get ready for square
	LDYAM	100	Move to (100, 100)
	LDXRL	800	Line to (900, 100)
	LDYRL	700	Line to (900, 800)
	LDXRL	-800	Line to (100, 800)
	LDYRL	-700	Line to (100, 100), the starting point
POINT:	LDXA	300	for square
	LDYAP	450	Point at (300, 450)
DIAMOND:	LDXA	100	
	LDYAM	450	Move to (100, 450)
	LDXR	400	
	LDYRL	-350	Line to (500, 100)
	LDXR	400	
	LDYRL	350	Line to (900, 450)
	LDYR	350	
	LDXRL	-400	Line to (500, 800)
	LDXR	-400	
	LDYRL	-350	Line to (100, 450), the starting point
TEXT:	LDXA	200	for diamond
	LDYAM	900	Move to (200, 900) for text
	CHAR	'DEMONSTRATION t'	t is terminate code
	JUMPRL	SQUARE	Regenerate picture, frame lock

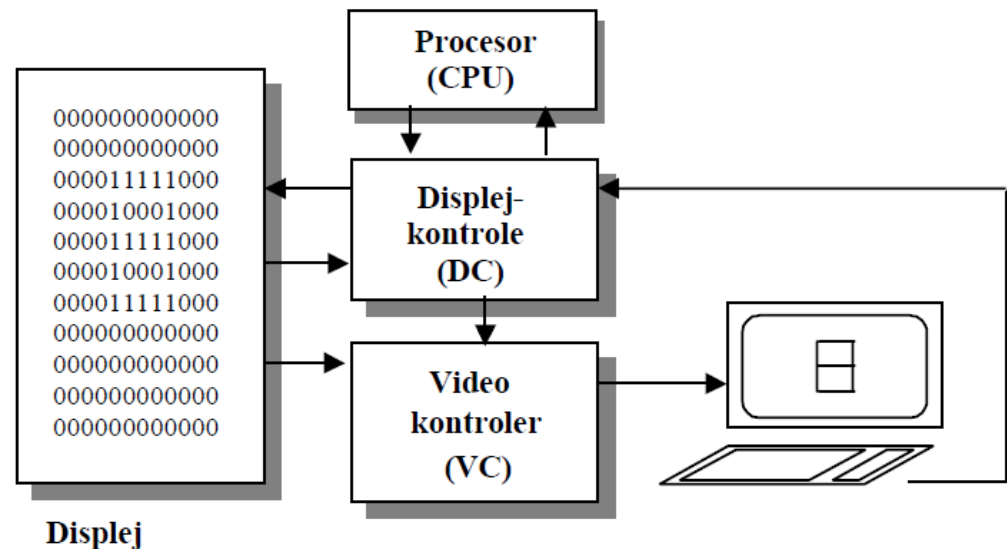
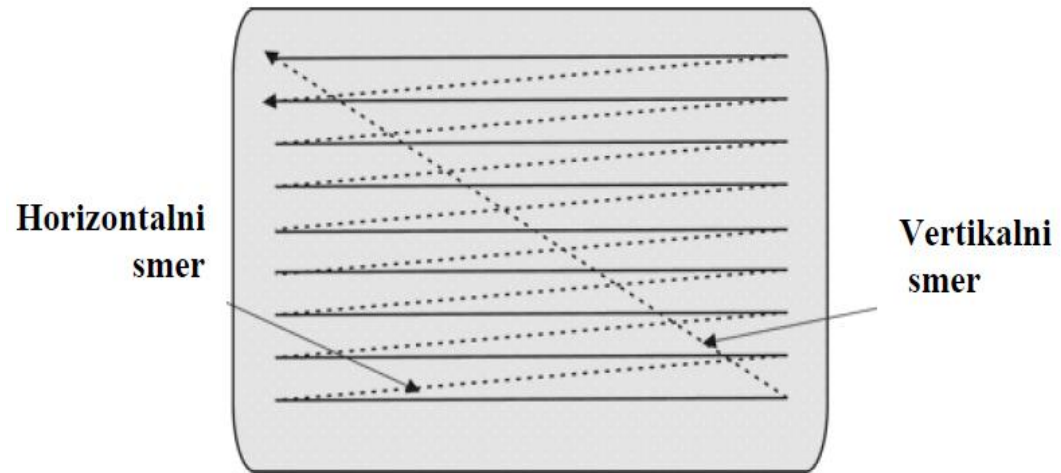


# Rasterski grafički sistemi

- **Rasterska grafika** (*bitmap graphics, raster graphics*) razvija se ranih 70-ih godina na temelju jeftine televizijske tehnologije.
- Relativno niska cena rasterskih prikaznih uređaja u odnosu na do tada razvijenu vektorsku prikazivačku tehnologiju učinila je računarsku grafiku široko dostupnom što je omogućilo njen nagli razvoj.
- Rasterski uređaji za prikaz čuvaju primitivne oblike (kao što su crte, alfanumerički znakovi, ispunjene površine) u memoriji u obliku njihovih osnovnih sastavnih vizuelnih elemenata - piksela.
- Piksela možemo smatrati obojenom tačkom u matrici prikaza (ima koordinate x, y i boju, odnosno, intenzitet kojim nastaje na osnovu intenziteta elektronskog mlaza koji je gađa).
- Cela slika prikazuje se na rasteru koji predstavlja niz paralelnih horizontalnih redova, (ili matricu osnovnih vizuelnih elemenata) koji prekrivaju čitavu površinu ekrana.
- Pri kreiranju prikaza, mlaz prolazi preko svih piksela uvek istim redosledom po svim horizontalnim redovima piksela sa leva na desno od gornjeg do donjeg horizontalnog reda piksela.

# Rasterski grafički sistemi

- Putanja mlaza (**raster scan**) pri kreiranju grafičkog prikaza (slike) prikazana je na prvoj slici.
- Blok šema rasterskog prikazivačkog uređaja prikazana je na drugoj slici.
- U dvodimenzionalnim sistemima intenzitet zraka pri prolasku preko pojedinog piksela određuje njegovu svetlinu odnosno boju.
- U sistemima u boji koriste se tri mlaza (crveni, zeleni i plavi), a kombinacija njihovih intenziteta određuje boju piksela.
- Pri povratku na početak sledećeg reda piksela, mlaz se zatamnjuje pri čemu ne izaziva vidljivu promenu intenziteta ili boje piksela.

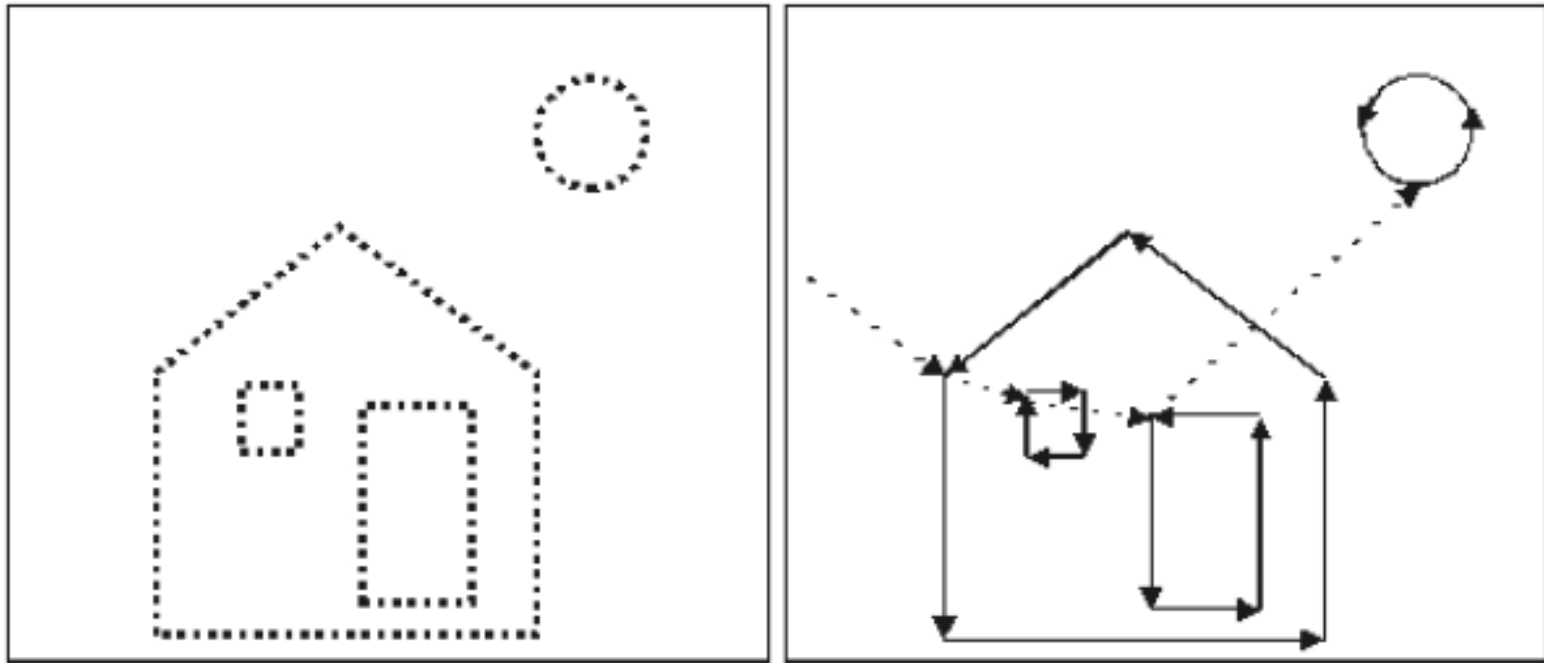


# Prednosti i nedostaci rasterske grafike

- Prednosti rasterske grafike su:
  - **Jednostavna skenirajuća logika** (jednostavnije i jeftinije je implementirati rastersko skeniranje koje uvek istom putanjom prelazi sve aktivne tačke ekrana, nego veoma preciznog sistema koji mora da obezbedi linearnost i ponovljivost otklona mlaza),
  - **Mogućnost prikaza površina ispunjenih bojom ili teksturom** (važan za realistične slike 3D objekata).
  - **Nezavisnost postupka osvežavanja od složenosti slike** (broj poligona).
  - Većina ljudi ne primećuje treperenje slike na rasterskim ekranima sa frekvencijom većom od 70 Hz, dok vektorski prikazivači počinju da trepere kada broj primitiva u baferu postane prevelik.
- Nedostaci rasterske grafike su:
  - **Računska složenost u procesu rasterizacije** (scan konverzija). Primitive kao što su linije i poligoni moraju da se konvertuju u piksele koji predstavljaju primitive u baferu slike. Transformišu se i krajnje tačke primitiva, tako da ukoliko je CPU odgovoran i za tu transformaciju, onda se samo mali broj primitiva može transformisati u realnom vremenu.
  - **Aproksimativna priroda prikaza glatkih linija.**

# Prednosti i nedostaci rasterske grafike

- Razlike u načinu kreiranja grafičkog prikaza na rasterskom i vektorskom displeju prikazana je na slici



- Zbog aproksimativne prirode glatkih linija rasterski sistem može prouzrokovati poznati problem "nazupčenosti" ili stepeničastosti" prilikom prikaza kose ili iskrivljene linije.

# Rasterski grafički sistemi

- Osnovni pojmovi rasterske grafike su:
  - **slikovni element** - elementarna površina na ekranu čijom svetlinom ili bojom je moguće upravljati (*pixel, pel, picture element*, fizička tačka rasterske slike).
  - **raster** - 2D matrica slikovnih elemenata koja prekriva čitavu površinu ekrana
  - **matrica bitova (bitmap)** - matrica čiji elementi (1, 0) predstavljaju svetlinu (ili boju) odgovarajućih elemenata pravolinijski raspoređenih osvetljenih tačaka ekrana u 2D sistemu uz kapacitet informacija 1 bit/piksel.
  - **matrica slikovnih elemenata (pixmap - pixel map)** - matrica čiji elementi predstavljaju boju odgovarajućih elemenata pravolinijskog rasporeda osvetljenih tačaka ekrana (slikovnih elemenata) u višedimenzionalnom sistemu čiji je kapacitet informacija n bita po pikselu.
- U 2D sistemu rezolucije 1024x1024 piksela **matrica bitova** zauzima 128KB ( $2^{20}/8$ ) a **matrica pixela** zauzima  $2^{20} \times$  broj bitova po pikselu (npr. za 8 bita po pikselu, tj. 256 nijansi sivog ili boja, potrebno je 1MB memorije).
  - 32 bita (po bajt za R,G i B i kontrolni bajt za alfa kanal)
  - 96 bita (2x32 bita za dvostruki bafer, 32 bita za z-buffer)
- Za ubrzavanje pretvaranja modela slike u rasterski prikaz koriste se procesori (**raster image processor**) koji imaju ulogu koprocesora ili ubrzivača (**accelerator**).

# Tehnologije trajnog prikaza (hardcopy tehnologije)

- Hardcopy tehnologije su sve tehnologije koje omogućavaju zapis statične digitalne slike na medij koji nije elektronski. Hardcopy uređaji su štampači (matrični, laserski, inkjet, termički), ploteri, klasični foto aparati, klasične video kamere, itd...
- Današnji štampači ravnopravno štampaju tekst i visokokvalitetne grafičke sadržaje (slike, crteže itd.) na papir (medij) do formata A2, dok su ploteri uređaji namenjeni prvenstveno ispisu grafičkih sadržaja za veće formate (A1, A0 i više).
  - Većina hardcopy tehnologija su raster-scan tehnologije, mada postoje i primeri upotrebe random-scan tehnologija (ploteri sa perima).
- Ključne veličine kojima se opisuju hardcopy uređaji:
  - **Adresabilnost** je broj tačaka (pixela) koje uređaj može proizvesti po jedinici dužine (ne moraju tačke biti razdvojene).
  - **Rastojanje između (centra) tačaka** (*interdot distance*) je recipročna vrednost adresabilnosti (poželjno je da je veličina tačke veća od rastojanja između tačaka zbog glatkih prelaza).
  - **Veličina tačke** izražava se prečnikom tačke koju proizvodi uređaj. Pojedini uređaji mogu menjati veličinu tačke (uzima se prečnik najmanje tačke).
  - **Rezolucija** zavisi od adresabilnosti i veličine tačke i ne može biti veća od adresabilnosti. Definiše se kao maksimalan broj naizmenično crnih i belih linija , koje uređaj može proizvesti po jedinici dužine.

# Tehnologije trajnog prikaza (hardcopy tehnologije)

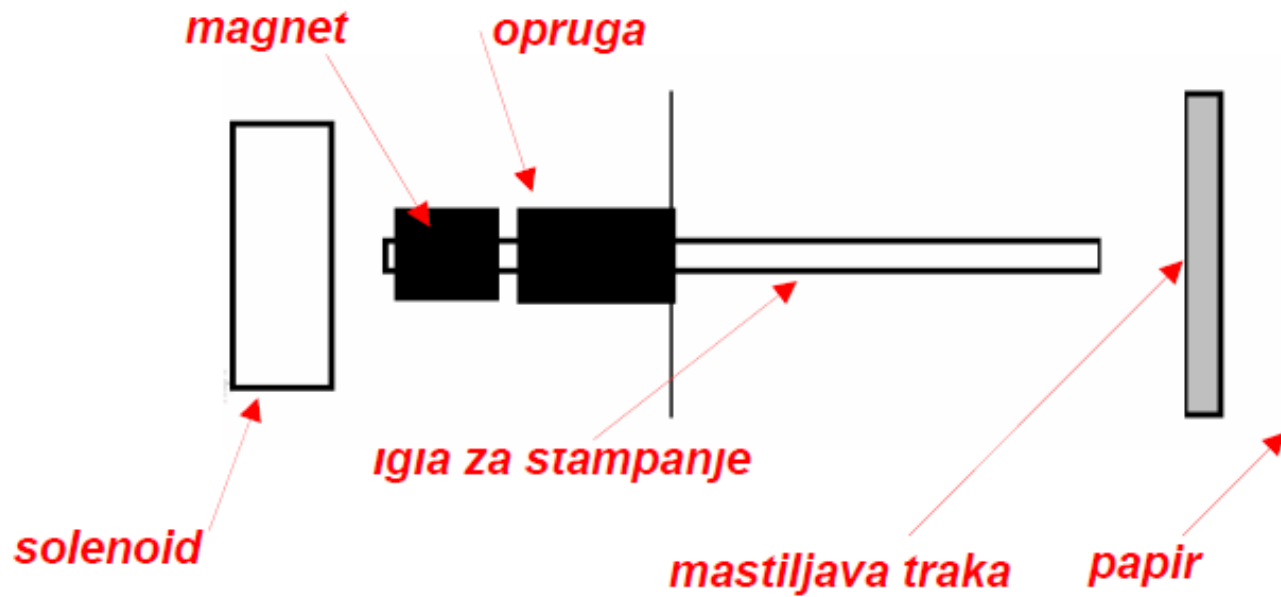
- Proizvođači printera često namerno mešaju adresabilnost i rezoluciju.
- Osim ovih veličina bitne su i sledeće:
  - brzina štampe (meri se znakovima ili stranama u minuti),
  - maksimalni format papira (npr. A4, A3, ...),
  - oblik tačke (teži se da oblik tačke bude što bliži obliku kruga, što daje bolji kvalitet štampe),
  - prosečna cena po odštampanom primerku itd.



# Štampači

- Štampač je izlazni uređaj koji daje trajni zapis podataka u obliku povorke diskretnih grafičkih znakova koji pripadaju unapred definisanom skupu znakova.
- Zadatak štampača (najvažnija i najčešće korišćena izlazna jedinica) je da na papiru daju obrađene informacije krajnjim korisnicima (izveštaji, tabelarni pregledi, grafike, slike, ...).
- Štampači mogu da se podele na:
  - **Udarni štampači** koji prave otisak udaranjem glave štampača o traku sa mastilom (npr. matrični, linijski).
  - **Neudarni štampači** koji se odlikuju kvalitetnim otiskom, brzinom, tihim radom, mogućnošću štampanja grafike i koje spadaju laserski, mlazni, termički (termalni), sublimacijski.
- **Matrični štampači**
- Mehanizam za uvlačenje papira (valjak i pomoćni točkići) transportuje papir kroz printer dok glava za štampanje ispisuje sadržaj na papir krećući se levo-desno.
- Glava za štampanje sadrži od 9 do 24 iglice koje su pokretane minijturnim elektromagnetima koje udarom u papir preko pigmentirane trake (ribbon) ostavljaju trag.

# Matrični šampači



*Šema mehanizma za štampanje kod matričnog šampača*



*EPSON matrični šampač LX-300+*

# Matrični štampači

- Prvi matrični printeri imali su manji broj iglica poređanih u jedan vertikalni niz.
  - Printer u jednom prolazu glave nije ispisivao samo jedan red piksela rastera, nego onoliko redova koliko je bilo iglica u glavi.
- Vertikalna adresabilnost je zavisila od razmaka između iglica, a horizontalna od najmanjeg koraka koji je mogla da napravi glava za štampanje.
- Za poboljšanje vertikalne adresabilnosti korištena je tehnika nazvana **Letter Quality** (LQ), koja se sastojala od **pomeranja papira za polovinu razmaka između iglica** nakon jednog prolaza glave i ponovnog štampanja istog sadržaja.
  - Ovo je usporavalo štampu ali je davalo bolji kvalitet odštampanog teksta.
- U kombinaciji sa ovim postupkom koristilo se **smanjenje minimalnog horizontalnog koraka** glave, za povećanje horizontalne adresabilnosti i time smanjenje granulacije horizontalnih linija.
  - Ovakav način štampe davao je puniji i crniji tekst bolje kvalitete ali je i značajno usporavao štampu.
- Rešenje ovog problema nađeno je u povećanju broja iglica u glavi za štampanje.

# Matrični šampači

- **Iglice** su raspoređivane **u više kolona** međusobno pomerenih po vertikali za deo razmaka između iglica.
- Okidanjem iglica iz raznih kolona iznad istog mesta na papiru dobijala se povećana vertikalna adresabilnost bez gubitka brzine štampe.
- Bez obzira na poboljšanje kvaliteta odštampanog teksta, kvalitet štampe grafičkih sadržaja kao što su fotografije i crteži ostao je veoma nizak.
  - Osnovni razlog za to je veličina tačke koju su proizvodili ovi printeri.
- Iglica u glavi za štampanje trpila je velika opterećenja prilikom udara u papir, pa se njena debljina nije mogla smanjivati ispod određene granice (**nekoliko desetih delova milimetra**).
- Suviše tanke iglice bi prilikom udara bušile ribon umesto da ga pritisnu na papir.
- Ova tehnološka ograničenja nisu mogla biti prevaziđena na odgovarajući način, što je uz pojavu modernijih i perspektivnijih tehnologija gotovo potpuno istisnulo matrične šampače sa tržišta.
- Moderni matrični printeri postižu **adresabilnost do 360 dpi** i po horizontali i po vertikali.

# Matrični štampači

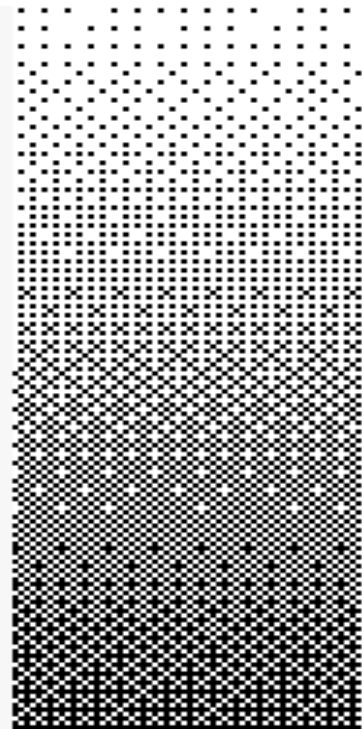
- Zbog veličine tačke, međutim, **rezolucija** se kreće od 50 do 100 dpi.
- Za postizanje tonskih prelaza matrični printeri su uglavnom koristili **pattern dithering**, a neki bolji modeli i **screening**.
  - Bez obzira na korišćenu metodu ditheringa, sa ovako niskom rezolucijom nije moguće postići zadovoljavajuće tonske prelaze.
- Kod matričnih printera postoji još i **problem zagrevavanja** glave za štampanje.
  - Usled velike disipacije snage u elektromagnetima korištenim za pokretanje iglica, glava se jako greje i to tim više što je više iglica u glavi i što je štampa brža.
  - Pregrevavanje glave izaziva promenu električnih osobina elektromagneta smanjujući preciznost štampe, a može dovesti i do pregorevanja elektromagneta tj. do uništenja glave za štampanje.
  - Problem je rešen montiranjem manjeg ili većeg **aluminijumskog hladnjaka** na glavu za štampanje, što povećava masu i inerciju glave, što opet otežava precizno pozicioniranje i pomicanje glave.
  - Krajnja posljedica ovoga je ograničenje brzine štampanja ili smanjenje broja iglica u glavi i povećanje brzine nauštrb kvalitete štampe.

# Postizanje tonskih prelaza

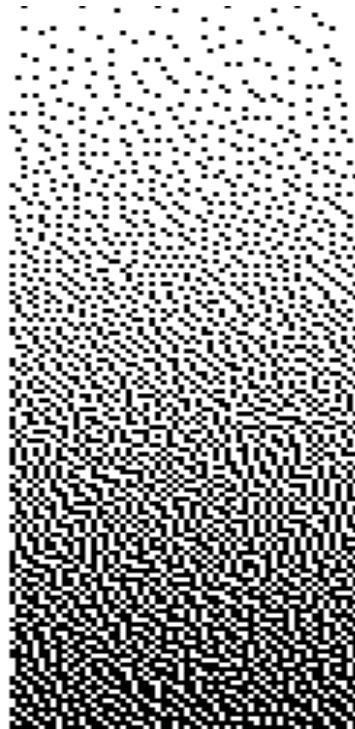
- Ako bi hteli da sliku u nijansama sive boje odšampamo na matričnom štampaču morali bismo da uradimo konverziju u crno belu (rasterizovanu) sliku ali tako da gustina crnih tačaka nove slike aproksimira prosečan nivo sive boje originalne slike.

## Primeri dithering-a

Pattern dithering

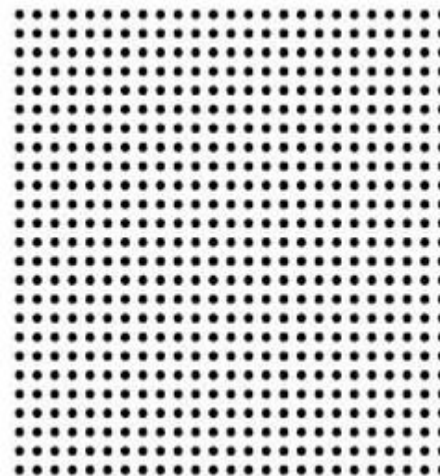


Diffuse dithering

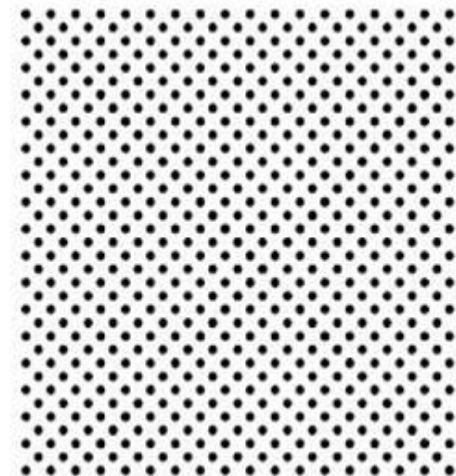


## Primeri screening-a

screen-pattern  
pozicioniran na 0°



screen-pattern  
pozicioniran na 45°



# Matrični štampači

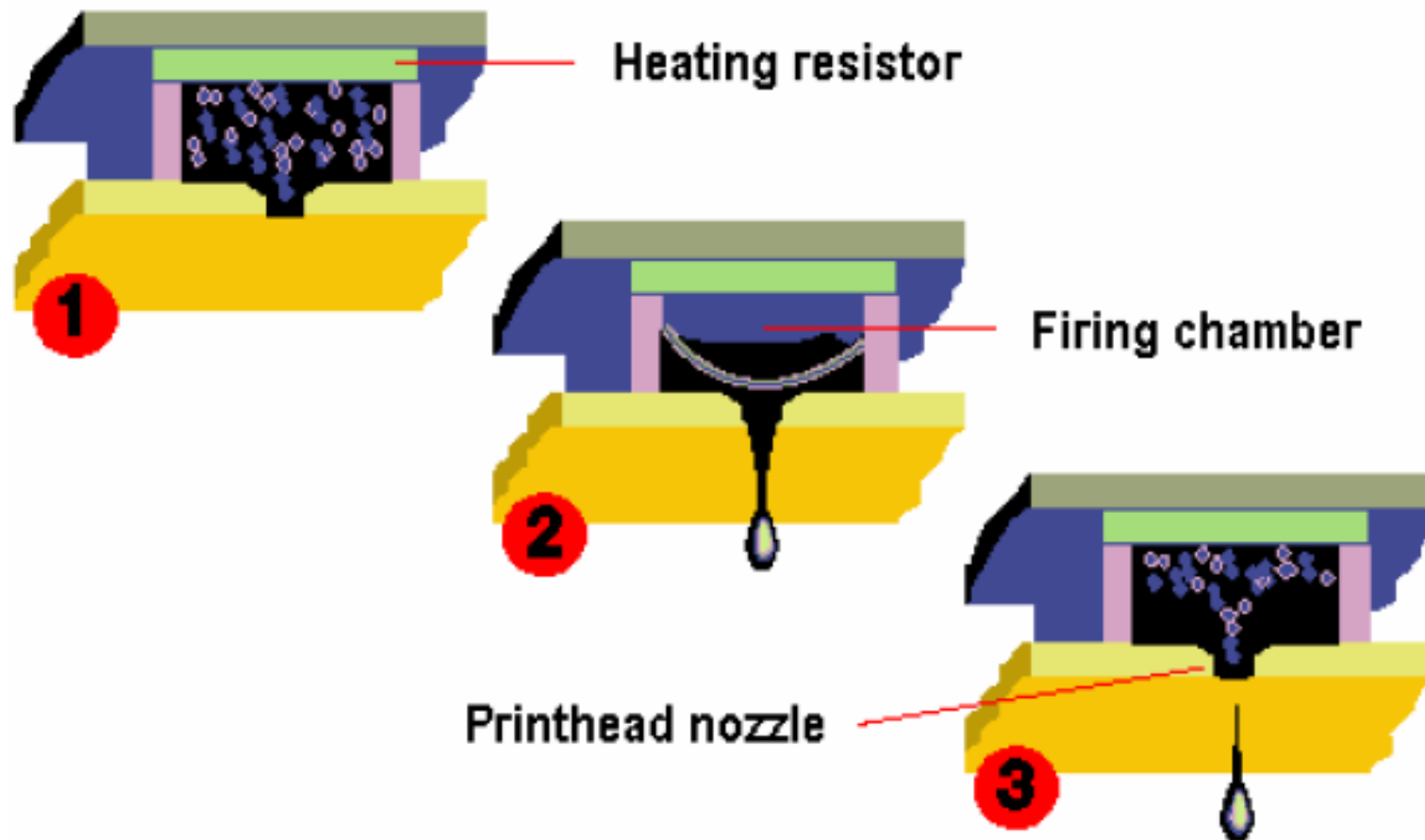
- Tehnologija matričnih štampača je **najbučnija** od svih hardcopy tehnologija, jer brzi udari iglica po papiru stvaraju veoma prodoran zvuk.
  - Problem je ublažen zatvaranjem u zvučno izolovano kućište.
  - **Matrični štampači su se danas zadržali samo tamo gde je potrebno štampati original i više kopija odjednom (jedini to omogućuju) i kao linijski štampači koji omogućuju ekstremno brzi ispis velikih količina teksta.**
    - **Linijski štampači** primarno ispunjavaju zahtev za brzinom a ne kvalitetom štampe, koriste glave sa 9 iglica i sa posebnim sistemom hlađenja i vrlo brze servo sisteme za pomicanje glave, ili čelični kaiš na kome su otisnuti alfanumerički znakovi.
- Razvijeni su i kolor matrični printeri, koji koriste četverbojni (CMYK) ribon, ali nisu zaživeli na tržištu zbog slabog kvaliteta kolor štampe.
- Karakteristike matričnih štampača:
  - **mogućnost štampanja teksta i grafike** (kvalitet otiska loš),
  - **niska cena,**
  - **male dimenzije**
  - **brzina štampe 100 do 400 znakova/sekundi,**
  - **koriste se za brzo štampanje dokumenata sa više listova**

# Ink-jet štampači

- INKJET tehnologija se smatra naslednikom tehnologije matričnih printera.
- Razlika u odnosu na matrične printere je samo u konstrukciji glave za štampanje.
  - Umesto iglica su cevčice (**mlaznice**) kroz koje se sitne kapljice tinte izbacuju direktno na papir.
  - Nakon izbacivanja kapljice tinte, cevčica se ponovo puni iz rezervoara sa tintom.
  - Postoje dve varijante ove tehnologije koje se razlikuju po načinu na koji ispumpavaju tintu na papir:
    - **bubble jet**
    - **piezoelektrični**
- Starija tehnologija naziva se “Bubble-jet” i koristi minijaturne grejače koji zagrijavanjem tinte u mlaznici stvaraju balončić (*bubble*).
- Prskanjem ovog balončića na papir se izbacuje kapljica tinte.



# Ink-jet štampači



# Ink-jet štampači

- Nešto novija tehnologija za istu svrhu koristi pločicu materijala (**kvarc**) koji menja svoje dimenzije kada se nađe u električnom polju.
  - Dovođenjem napona na ovu pločicu ona se širi tako da smanjuje prostor u mlaznici što rezultuje izbacivanjem kapljice tinte na papir.
  - Ovo su **piezoelektrični** ink-jet printeri.
- Ink-jet tehnologije ne proizvode značajan višak toplote, a mlaznice ne trpe velika fizička naprezanja pa mogu biti i nekoliko desetina puta tanje od iglica u glavi matričnih printera.
  - Moguće je **smeštanje velikog broja gusto poređanih mlaznica** u glavu ink-jet printera (200 pa i više).
    - Pojedini ink-jet printeri su u stanju da odštampaju traku širine 1-2 cm sa više od 600 tačaka po inču, u jednom prolazu glave.
- Zahvaljujući nabrojanim osobinama, ink-jet printeri postižu:
  - **visoku adresabilnost** (standardno 600 do 720 dpi, a bolji printeri i više od 1000 dpi)
  - **manju veličinu tačke uz veću brzinu štampanja od matričnih printera** (ne računajući linijske printere).

# Ink-jet štampači

- **Manja tačka i veća adresabilnost** rezultiraju višestruko većom stvarnom rezolucijom u odnosu na matrične printere.
- Pojavom ink-jet tehnologija izazvan je pravi bum na tržištu jeftine kolor štampe (retki su bili monohromatski ink-jet štampači).
  - Ugradnjom **više kolona mlaznica** u glavu za štampanje **za više osnovnih boja** dobija se kolor printer.
- Postoje modeli koji koriste samo tri osnovne boje (**CMY** - tirkizna, ciklama, žuta) i modeli koji uz ove boje koriste i crnu boju (**CMYK** - tirkizna, ciklama, žuta, crna).

CYAN- MAGENTA-YELLOW-KEY(BLACK)

- Mlaznice svih boja mogu biti ugrađene u istu glavu ali postoje i izvedbe sa posebnom glavom za svaku osnovnu boju.
  - Najčešća izvedba je sa jednom glavom za crnu boju i jednom glavom za sve ostale boje.
- Za postizanje tonских i kolor prelaza ovi štampači koriste:
  - **dithering**, standardno amplitudnu aproksimaciju (screening)
  - **error diffusion dithering**, disperzijom greške na susedne piksele.

# Ink-jet štampači

- Bolji modeli ink-jet štampača postižu i stvarnih **16.6 miliona boja** na specijalnim medijima.
- Ink-jet printeri se proizvode za sve formate štampe:
  - kućni modeli formata A4 i A3,
  - poluprofesionalni i profesionalni modeli formata A3 i A2,
  - visokosofisticirani printeri i ploteri formata A1, A0 i većeg
    - drum ploteri štampaju na rolnama papira teoretski neograničene dužine, na običnom i specijalnom papiru, folijama i platnu.
- Postoje i minijturni ink-jet printeri sposobni za štampanje na papiru do formata A4, ekstremno male potrošnje energije tako da se mogu napajati iz baterija (za prenosne računare).
- Osnovni **nedostatak** ove tehnologije je korišćenje tečnog pigmenta (**tinte**).
  - Porozni materijali (**papir**) upija tintu pre nego što se ona osuši, tako da se tačka širi čime boja postaje bleđa, bez sjaja i veća od veličine kapljice tinte.
  - Na neporoznim materijalima (**folije**) boja se razliva i lako se briše (postoje skupi specijalni papiri i folije koje upijaju kapljice tinte u površinskim sloju, sprečavajući njihovo širenje i razlivanje).

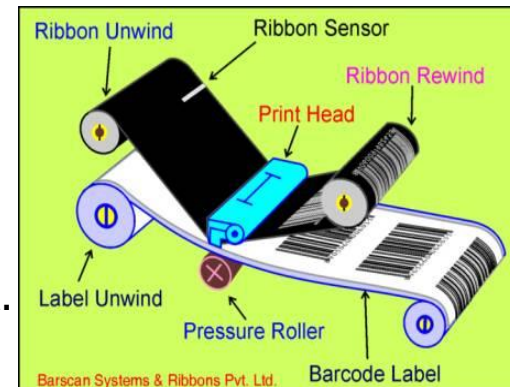
# Inkjet štampači

- **Karakteristike inkjet štampača:**

- Moguće je biranje između grubog, normalnog i kvalitetnog otiska
- Štampanje može biti monohromatsko ili u boji
- Moguće postizanje “fotografskog” kvaliteta štampe
- Rade bešumno
- Cena im je pristupačna
- Sporiji su od laserskih štampača
- Mastilo ima težnju da se razmaže odmah nakon štampanja
- Menjenje ketridža može da bude nezgodno

- **Termalni štampači (*thermal-transfer printers*)** zasnovani su na korišćenju zagrevanja posebnih vrsta papira (termo papir), slično kao kod faks mašina.

- Prvi termički štampači koristili su sjajni papir (bio je loš otisak) dok noviji modeli koriste tehnologiju termičkog prenosa kroz vosak (*thermal wax transfer*).
  - Mastilo se ubrizga u vosak kojim je premazana traka, vosak sa mastilom se greje i rastapa na papiru.
- Brži su od laserskih štampača u boji a daju i kvalitetniji otisak po nižoj ceni. Koriste se u izdavaštvu, za štampanje časopisa u boji.



# Laserski štampači

- Laserski štampači se svrstavaju u složene elektronske uređaje.
- Relativno su malih dimenzija, lako prenosivi i pogodni za rukovanje.
- Postaju sve jeftiniji.
- Kolor laserskim štampačima su postignuti najstroži zahtevi veoma zahtevnog tržišta.
- Način rada laserskog štampača:
  - Kada je slika koja treba da se štampa saopštena štampaču posredstvom jezika za opis stranice, štampač instrukcije PDL (*page description language*) jezika pretvara u bitmapu.
    - Taj proces obavlja štampačev unutrašnji procesor, a rezultat je slika svake tačke u memoriji koja treba da se postavi na papir.
  - Modeli označeni kao "Windows štampači" nemaju svoje spostvene procesore, pa računar stvara bitmapu, upisujući je direktno u memoriju štampača.
  - Rad laserskog štampača zahteva interakciju nekoliko različitih tehnologija: elektronike, optike, elektrofotografije, mehanike itd.
    - Svaki proces funkcioniše nezavisno, ali mora biti usaglašen sa ostalima.

# Laserski štampači

- Razlikujemo dva osnovna sistema:
  - Sistem za formiranja slike
  - Sistem za transport i kontrolu protoka papira kroz štampač
- Proces formiranja slike kod laserskog štampača se sastoji iz 7 faza:
  1. Uspostavljanje primarnog naelektrisanja
  2. Ispisivanje ( formiranje otiska slike )
  3. Razvijanje
  4. Prenošnje
  5. Odvajanje
  6. Fiksiranje
  7. Čišćenje
- U procesu formiranja slike centralnu ulogu igra toner kaset ( *cartridge* ) koja ima:
  - kontejner za toner
  - fotoosetljivi bubanj
  - valjak za nanošenje primarnog naelektrisanja
  - valjak za razvijanje
  - uređaj za čišćenje otpadnog tonera
  - kontejner za otpadni toner

# Laserski štampači

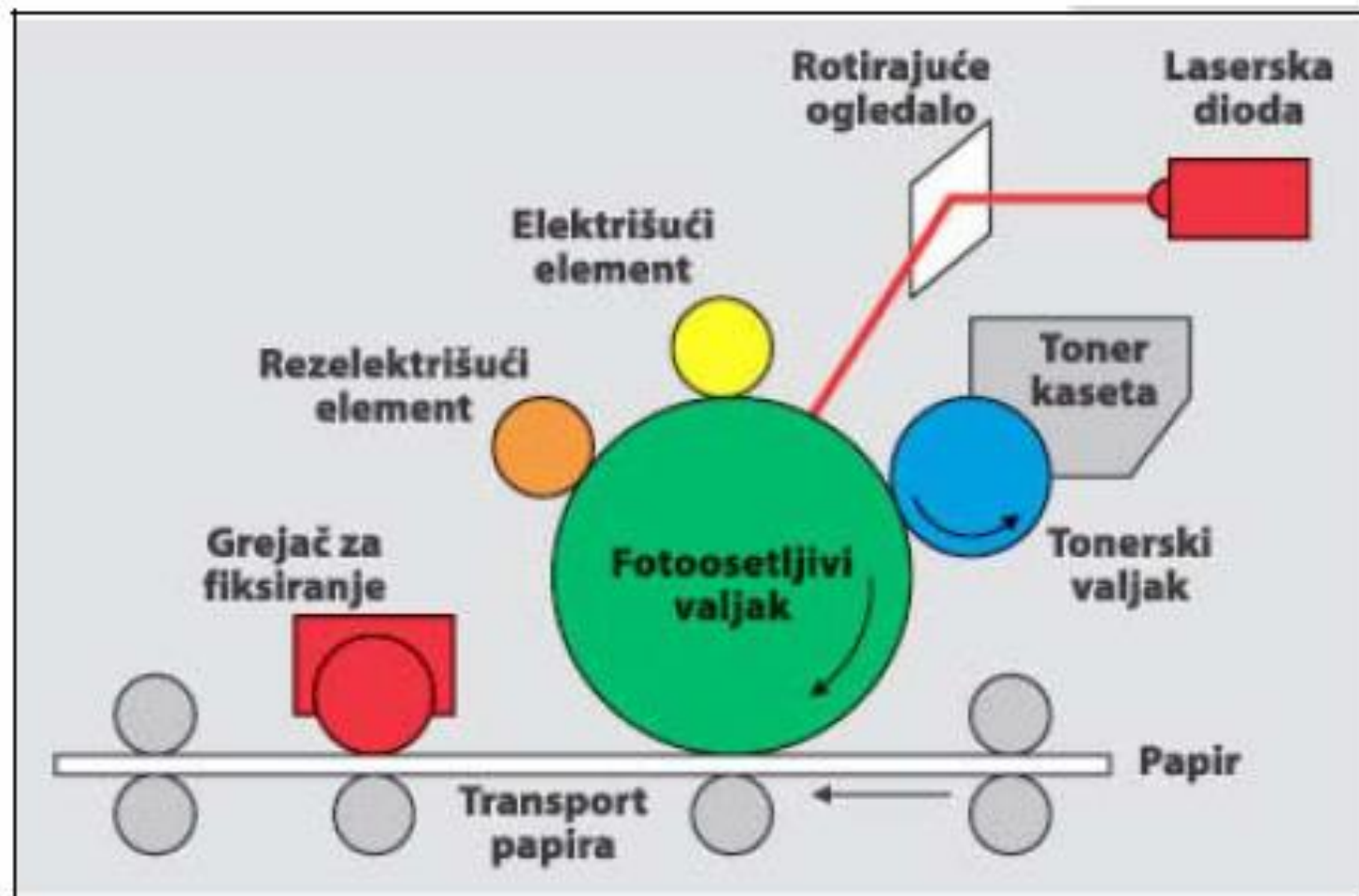
- Laserska tehnologija štampe zasniva se na osobini nekih materijala (*selen*) da menjaju stanje vodljivosti pod uticajem svetlosti.
  - **Selen** je poluprovodnik koji kada nije osvetljen ima osobine izolatora, a kada se osvetli postaje provodnik električne struje.
  - U svakom laserskom printeru nalazi se metalni valjak presvučen slojem selena, sa elektromotorom koji ga obrće oko ose.
  - Prolaskom ispod elektrostatičkog češlja na visokom pozitivnom potencijalu, površina selena se naelektriše pozitivno i tako ostaje sve dok je selen neosvetljen.
- Drugi bitan deo laserskog printera je laser sa otklonskim sistemom (ogledalce pokretano elektromotorom).
  - Kada laserski zrak pogodi neku tačku na površini valjka:
    - selen u toj tački postaje vodljiv i pozitivno naelektrisanje sa površine se uzemlji preko metalnog jezgra valjka.
    - na površini valjka se tako dobija nenaelektrisana tačka.
    - ponavljanjem postupka na selenskom valjku se iscrta sliku (raster) koja se sastoji od naelektrisanih i nenaelektrisanih tačaka



# Laserski štampači

- Otklonski sistem vodi laserski zrak levo-desno, od kraja do kraja valjka.
  - Kada zrak dođe do tačke koja treba ostati naelektrisana laser se gasi, a pali se ponovo kada otklonski sistem dođe do tačke koju treba osvetliti.
  - Kada se na ovaj način iscrta celi red tačaka, valjak se okreće za jedan red tačaka i iscrtava se sledeći red.
- Površina valjka dalje prolazi kroz posudu sa negativno naelektrisanim obojenim mikronskim prahom (tonerom).
  - Pozitivno naelektrisane tačke na valjku privući će toner, dok će nenaelektrisane tačke ostati čiste.
  - Na ovaj način na valjku dobijamo sliku obojenu u tačkama koje nisu osvetljene laserom.
- Toner se sa valjka, blagim pritiskom, prenosi na papir koji se kreće istom brzinom kao i površina valjka. Tako je konačni rezultat monohromatska rasterska slika na papiru (ili nekom sličnom odgovarajućem mediju).
- Da bi se toner fiksirao, papir sa slikom prolazi ispod grejača koji na trenutak rastopi toner. Rastopljene čestice tonera vežu se međusobno u kompaktnu masu koja se hlađenjem lepi za površinu papira.
  - Ovakva slika je sjajna (papir ne upija toner) i ne briše se.

# Laserski štampači



*Princip rada laserskog štampača*

# Laserski štampači

- **Horizontalna adresabilnost** laserskih printera zavisi od brzine (**maksimalne frekvencije**) paljenja i gašenja lasera.
  - Ovo je povezano sa brzinom kojom otklonski sistem vodi laserski zrak sa kraja na kraj bubnja tako da smanjenjem ove brzine, uz istu frekvenciju paljenja i gašenja lasera, povećava se horizontalna adresabilnost.
    - Neželjena posledica je smanjenje ukupne brzine štampe.
- **Vertikalna adresabilnost** zavisi od minimalnog ugla za koji je mehanizam u stanju da okrene selenski valjak (za manji ugao veća je vertikalna adresabilnost), ali je ukupna brzina štampe manja.
- Povećanjem frekvencije paljenja i gašenja lasera povećavaju se obe adresabilnosti bez degradacije brzine štampe i obrnuto.
- Tehnologija laserske štampe zahteva da se proces štampe ne prekida, što znači da celi raster koji treba ispisati mora biti na raspolaganju printeru pre nego što ispis počne.
  - Ti podaci su niz nula i jedinica koje upravljaju paljenjem i gašenjem lasera, i moraju se odgovarajućom brzinom dostavljati mehanizmu koji upravlja laserom.
  - Obim ovih podataka povećava se sa povećanjem adresabilnosti printera.

# Laserski štampači

- Povećanje adresabilnosti i brzine štampe zahteva brže isporučivanje podataka mehanizmu za upravljanje laserom.
  - Ovo je rešeno ugradnjom brze memorije (**buffer**) čiji kapacitet mora biti dovoljno velik da u nju stane cela bit-mapa koja se štampa.
    - Ako bafer nije dovoljno velik printer nije u stanju da odštampa celu sliku.
    - Povećanje formata, adresabilnosti i brzine štampe zahteva povećanje kapaciteta i brzine bafera, što poskupljuje ove printere.
    - Većina proizvođača ovaj problem delimično rešava upotrebom tehnika OnLine kompresije podataka, što u većini slučajeva dozvoljava korišćenje bafera manjeg kapaciteta.
- Rezolucija laserskih printera osim od adresabilnosti zavisi i od veličine tačke.
  - Veličina tačke laserskih printera zavisi od :
    - **debljine laserskog zraka** (korišćenjem lasera manje talasne dužine i naprednijih sistema za fokusiranje).
    - **kvaliteta tonera** (veličina i oblik zrnaca tonera).
      - Mala naelektrisana tačka na površini seleno nije u stanju da privuče suviše velika zrnca tonera, što dovodi do gubljenja pojedinačnih pixela na finalnom otisku.

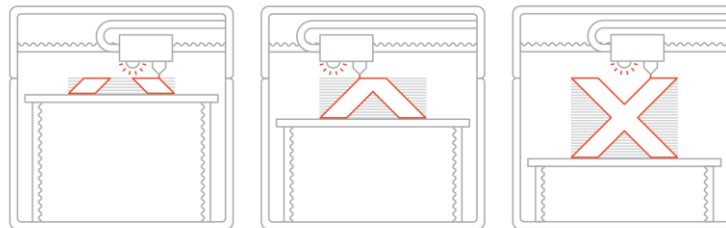
# Laserski štampači

- Ako su zrnca tonera prekrupna, naelektrisana površina selen ne privlači dovoljnu količinu tonera (zacrtnjenje obojenih površina na papiru) :
  - koriste se toneri čije su čestice veličine od nekoliko mikrona do nekoliko desetaka mikrona (toneri zaobljenih zrnaca daju bolje rezultate)
- Karakteristike laserskih štampača su:
  - visok kvalitet štampe,
  - visoke cene,
  - velike rezolucije (npr. obično 1200 dpi (*dots per inch*)),
  - velike brzine štampanja (npr. crno belo 40ppm, obično 20ppm, u boji 4ppm).
- Laserski štampači u boji koriste purpurni, tirkizni, žuti i crni toner u kombinaciji, da bi se proizvele razne boje za štampu.
  - Izvode se četiri prolaza kroz elektrofotografski proces, obično postavljajući po jedan toner na stranicu istovremeno, ili gradeći sliku od četiri boje istovremeno na jednoj posrednoj površini za prenos.
  - Kasete sa tonerima se postavljaju u liniji niz put papira, a svaki uređaj ima svoj fotoprovodni valjak. Podaci mogu da se šalju na sve četiri glave istovremeno. Proces počinje purpurnom bojom, prolazi kroz tirkiznu i žutu, a završava se crnom bojom.



# 3D šampači

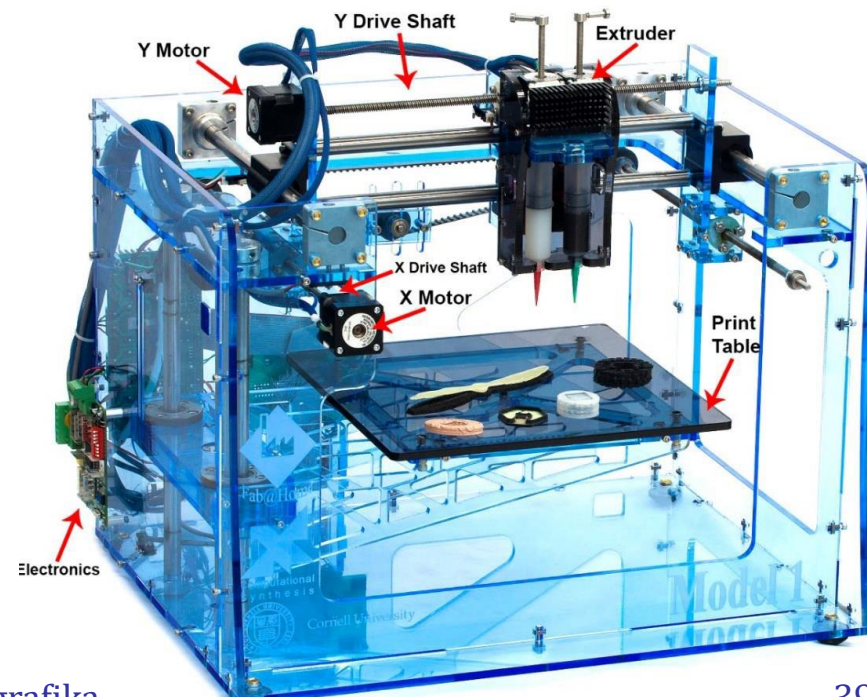
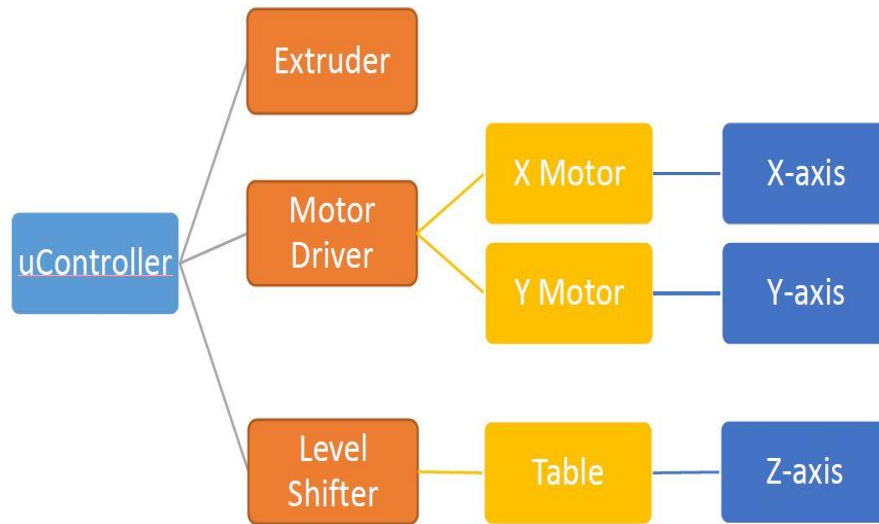
- Godine 1984. **Čarls Hal (Charles Hull)** kreira prvi 3D šampač koji je zasnovan na 3D aditivnoj proizvodnoj tehnologiji (**Additive Manufacturing**) za kreiranje 3D objekata iz 3D modela (kreiranje 3D objekta sukcesivnim nanošenjem materijala sloj po sloj uz upotrebu UV svetlosti).
  - godine 1986. osniva 3D Systems Corporation i patentira tehnologiju 3D štampanja **stereolitografiju (Stereo lithography)** (otvrdnjavanje slojeva 3D objekta koji je sačinjen od plastične smole pod dejstvom svetlosti).
- Z Corporation lansira prvi 3D šampač u boji (2005) visoke definisnosti pod nazivom Spectrum Z510 3D Printing System.
- 3D-šampač može „šampati“ u plastici, metalu, najlonu i preko stotinu drugih materijala (od figurica do delova avionskih motora i ljudskih organa) principom kreiranja horizontalnih preseka sloj po sloj.
- Iz CAD datoteke softver 3D šampača pretvara model u instrukcije za štampanje svih horizontalnih slojeva 3D objekta (modela)
  - model je dobijen npr. projektovanjem u CAD alatu ili npr. 3D skenerom





# Princip rada 3D šampača

- Sto za štampanje (Print Table) je platforma na kojoj su smešteni objekti za štampanje.
  - Sto za štampanje se kreće gore-dole (Z osa)
- Ekstruder (Extruder) 3D šampača se koristi za sipanje "mastila" za štampanje.
  - Kreće se levo-desno (X osa, X motor) i napred-nazad (Y osa, Y motor)
- Iz datoteke unete u šampač, mikrokontroler izvlači slojeve, a iz svakog sloja segmente linija. Dalju kontrolu kretanja predaje ekstruderu po zahtevanoj brzini.



# Prednosti i nedostaci 3D šampača

- Prednosti:
  - Personalizacija proizvoda prema individualnim potrebama klijenta.
  - Proizvodnja proizvoda koji uključuju veliki nivo složenosti.
  - Brži razvoj proizvoda zbog brže izrade prototipova.
  - 3D štampanje je energetska efikasna tehnologija.
  - Mogu se štampati lakši i jači proizvodi.
  - Povećan radni vek proizvoda.
  - Rezervni delovi se mogu odštampati na licu mesta, čime se eliminišu troškovi isporuke.
  - 3D štampanje može stvoriti nove industrije i potpuno nove profesije.
  - Štampanje 3D organa predstavlja revoluciju u medicinskoj industriji.
- Nedostaci:
  - Dostupni su ograničeni materijali za štampanje (ali ih je sve više).
  - Veličina predmeta za štampanje je ograničena kretanjem ekstrudera.
  - Pri formiranju objekta, prethodni sloj mora da se stvrdne pre kreiranja sledećeg sloja.
  - Visoka cena šampača i opasnost od udisanja otpadnih čestica.