



# Digitalna obrada slike

---

## Lekcija I

### Uvod

Napomene o hardveru za obradu slike

OKO – ljudski senzor za vid



slika iz Mars Orbitera prikazuje dio kanjona Marineris na Marsu  
riječ je o slici generisanoj na osnovu više snimaka tzv. stereo kamerom



# Podaci o predmetu

---

- Predmetni nastavnik: Dr Igor Đurović
- Fond sati: 3+1 čas
- Način polaganja: zavisi od broja studenata
- Literatura: knjiga
- Ostalo:
  - [www.obradaslike.ac.me](http://www.obradaslike.ac.me) i na [www.etf.ucg.ac.me](http://www.etf.ucg.ac.me)
  - prezentacije
  - mnoštvo urađenih primjera
  - test slike
  - literatura na engleskom
  - itd



# Teme

---

- Uvod i akvizicija slike
- Ljudski vid, zapis slike i kolorni modeli
- Transformacije sa bojom u slici - histogram
- Geometrijske transformacije
- Interpolacija
- Slika u spektralnom domenu
- Filtriranje slike
- Osnovne tehnike rekonstrukcije slike
- Ivice slike
- Elementi prepoznavanja oblika



# Teme

---

- Kompresija
  - Zaštita digitalne slike
  - Osnovi obrade pokretne slike
- predmet  
**Multimediji**
- 
- Stereo slike
  - Superrezolucija
  - Kompjuterska grafika
  - itd.
- ove teme su  
preambiciozne za  
dodiplomske studije i  
ovaj fond sati

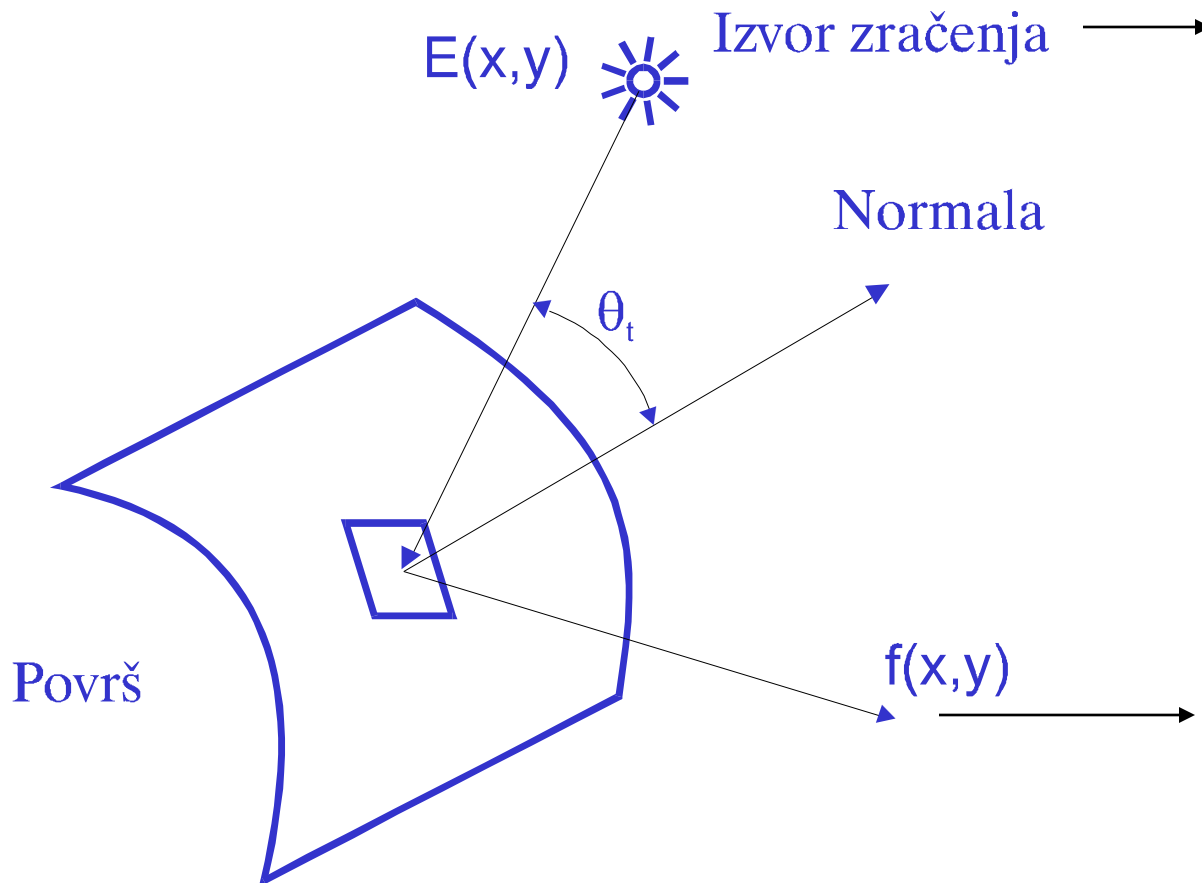


# Istorijat

---

- Fotografija se pojavljuje u XIX vijeku.
- Ideja faksiranja i slanja preko telegrafskih linija čak i preko okeana tokom I. sv. rata.
- Ideja TV-a se javlja 30-tih godina XX vijeka.
- Ključni detalj u razvoju obrade slike je pojava elektronskih računara koji su omogućili jednostavnu i brzu obradu slika.
- Drugi ključni momenat su astronomska istraživanja 60-tih godina i tzv. trka u kosmos.
- JPL iz Kalifornije je obavila prve zadatke za NASA-u u okviru američkog svemirskog programa.

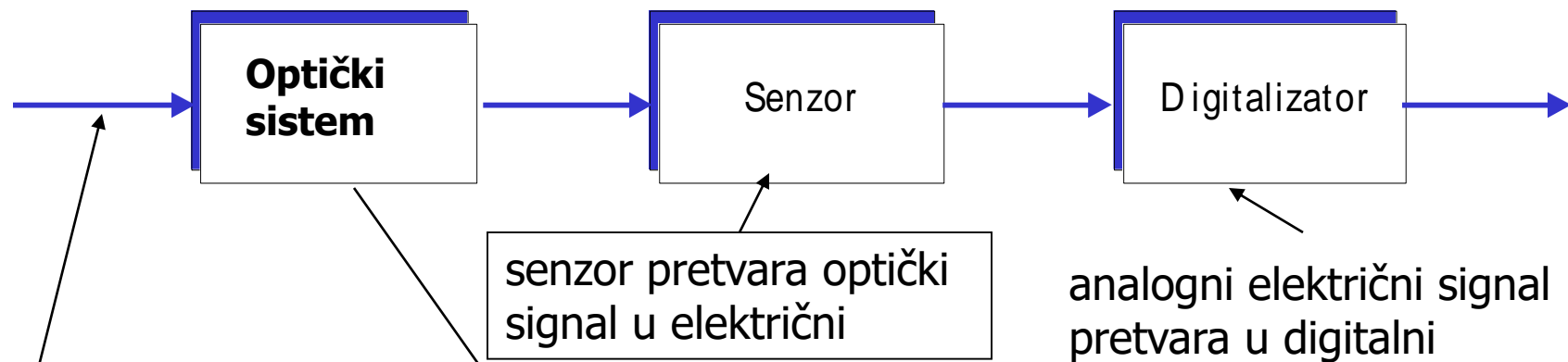
# Akvizicija slike



uglavnom će pod izvorom zračenja biti posmatrana vidljiva svjetlost ali to može biti i bilo koje drugo elektromagnetno zračenje (X-zraci, gama zraci, radio talasi), ultrazvuk, vibracije itd.

senzori primaju odbijeni dio svjetlosti sa površi

# Akvizicija slike



na ulaz u optički sistem stiže slika koja je reflektovana sa objekta  $f(x,y)$

ovo je neelektronski dio koji se sastoji od sočiva i sličnih djelova; modeluje se kao 2D **linearni prostorno invarijantni** sistem sa impulsnim odzivom  $h(x,y)$  koji može biti približno poznat unaprijed





# Akvizicija slike

- $f(x,y)$  se može shvatiti kao snaga svjetlosnog (ili nekog drugog signala koji se vizuelizuje).
- $h(x,y)$  je impulsni odziv sistema sočiva nakon kojega opet dobijamo optički signal.
- Ako je optički sistem linearno prostorno invarijantan izlaz je:

$$b(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\xi,\eta) h(x-\xi, y-\eta) d\xi d\eta$$

2D konvolucija (podsjetite se kako se to obavlja 1D konvolucija i što je linearni vremenski invarijantni sistem)

kako su u pitanju snage to su veličine  $b(x,y)$  i  $f(x,y)$  zasigurno nenegativne



# Akvizicija slike

---

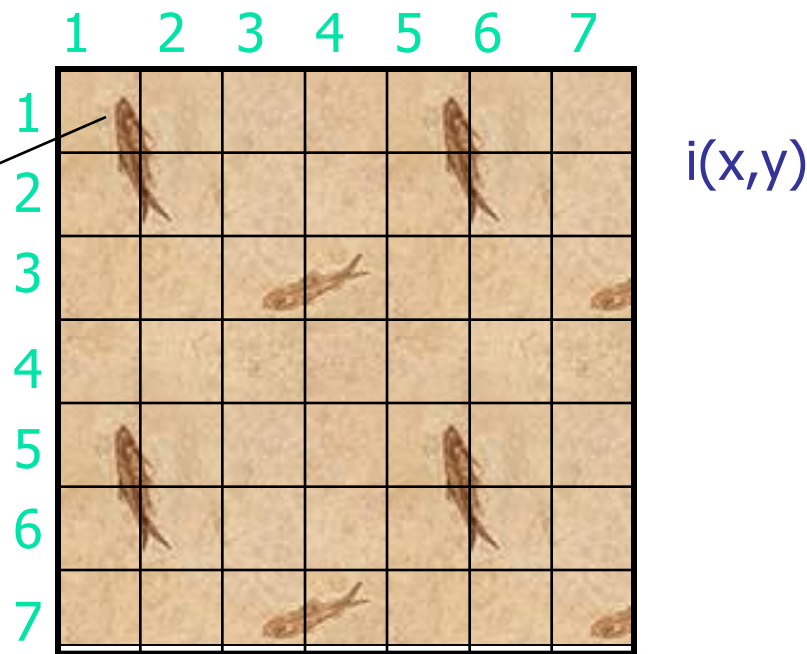
- Optički sistem očigledno donekle deformiše sliku.
- Proizvođači često mogu da procjene izobličenje  $h(x,y)$  i posebnim tehnikama da vrše ispravljanje.
- Drugi elemenat u optičkom sistemu je senzor koji vrši pretvaranje optičkog signala u strujni ekvivalent.
- Senzorika se relativno brzo mijenja i neće biti detaljno objašnjavana.
- Detalji o senzorici mogu se naći u knjizi uz opasnost da zbog brzih promjena tehnologije u ovoj oblasti neki podaci budu zastareli.

# Digitalizator

- Analogni strujni ekvivalent  $i(x,y)$  pretvara u digitalnu verziju kroz dvije procedure:

- Odabiranje
- Zaokruživanje

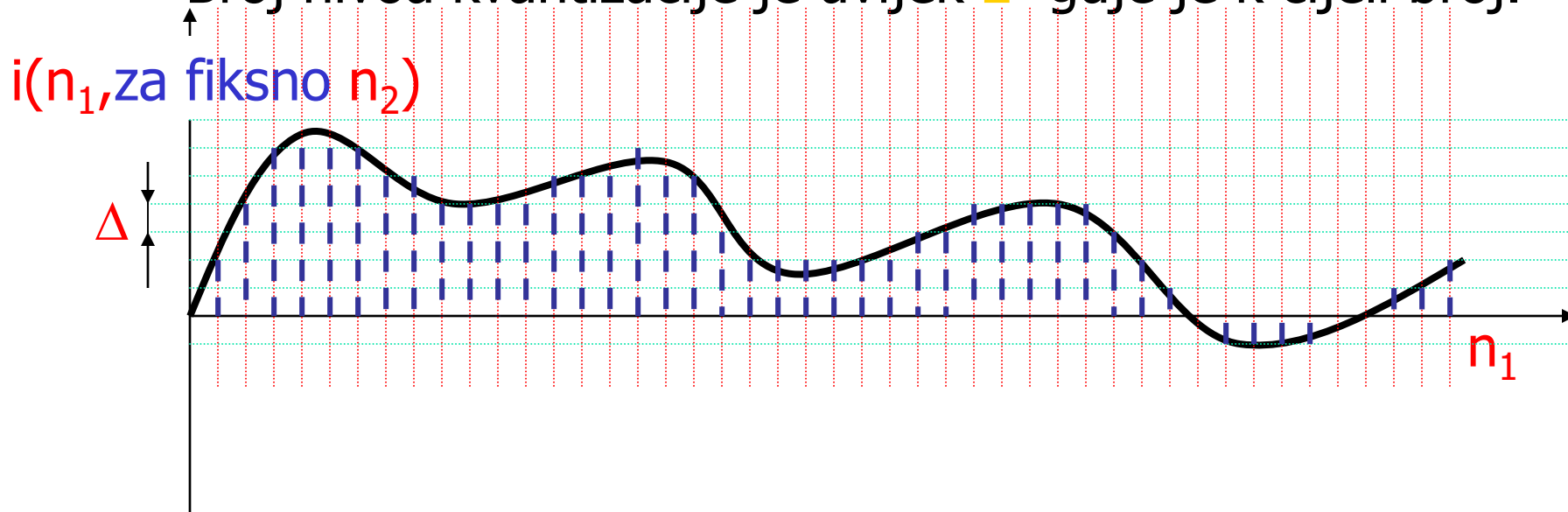
na osnovu sadržaja u kvadratu određuje se vrijednost **piksela slike**  
 $i(1,1)$



Piksel je elementarna tačkica slike. Koristi se činjenica da oko vidi mnoštvo sitnih bliskih tačkica kao kontinualnu sliku.

# Digitalizator

- Nakon odabiranja potrebno je izvršiti **digitalizaciju** (digitalizacija je zaokruživanje na najbliži cijeli broj koraka kvantizacije).
- Cio broj koraka kvantizacije može da se jednostavno prikaže binarnim brojem.
- Broj nivoa kvantizacije je uvijek  $2^k$  gdje je  $k$  cijeli broj.





# Najvažniji sistemi

---

## ■ Fotografija.

- Nastala u XIX vijeku.
- Ne daje strujni ekvivalent.
- Bazirana na hemijskom procesu.
- I dalje je "senzor" sa najboljom rezolucijom.
- Tržište je potiskuje ali tehnološki napredak i dalje postoji.
  - Poboljšanje u kvalitetu materijala u poslednjih deset godina je veće nego za prethodnih pola vijeka.

## ■ Fax.

- Nastao početkom XX vijeka u nekim varijantama.
- Digitalizacija pozicija crnih tačaka na papiru i kodirano slanje komunikacionom kanalom.
- Standardizovan.



# Digitalizatori slike

---

## ■ Djelovi

- Aparatura za odabiranje
- Mehanizam za skeniranje slike
- Svjetlosni izvor
- Kvantizator (najčešće AD konvertor)
- Memorijski medijum

## Tehnologije skeniranja:

**SCAN-IN** – svjetlosni zrak prelazi preko slike dio po dio

**SCAN-OUT** – čitava se slika osvjetli a odabiranje se obavlja postepeno

## ■ Važne karakteristike

- Veličina piksela
- Veličina slike
- Što se transformiše u sliku (kod vidljivog spektra to je transmitansa objekata)
- Linearnost

← pogledajte knjigu i na Internetu potražite detalje o tehnologiji digitalizacije



# Najvažniji sisitemi

---

## ■ TV.

- Nastala 30 godina XX vijeka.
- Kamera (ranije vidicon – cijevna) u studiju snima pojedinačne slike.
- Slike se šalju preko komunikacionog kanala.
- Pojedinačne slike se prikazuju na ekranu TV-a.
- Oko ne vidi kontinualne slike već 24 slike u sekundi

- TV kod nas radi sa 25 slika u sekundi.
  - Razlog: Ako bi se slika slala sa 24 slike u sekundi zbog nesinhronizacije oka i TV vidjeli bi podrhtavanje slike.
  - Broj 25 je pogodan jer je to  $\frac{1}{2}$  frekvencije energetske mreže u Evropi
- Tri standarda za analognu TV:
  - PAL (koristio se kod nas i u nizu zemalja i podrazumjeva 25 slika u sekundi)
  - SECAM (koristi u Francuskoj i frankofonskim zemljama, Iranu itd)
  - NTSC (američki standard sa 30 slika u sekundi; energetska mreža 60Hz)



# TV

---

- U posljednje vrijeme brzo napreduje digitalna TV.
- Opšti standard za digitalni TV visokog kvaliteta naziva se HDTV.
- Kako napreduje tehnologija u oblasti kompresije video-signala postoji velika mogućnost da se pojave i drugi standardi.
- Za video stream-ove preko Interneta koriste se drugi standardi koji podrazumjevaju veliku kompresiju podataka (i gubitak kvaliteta).
- Razvoj DVD/Blue Ray i drugih video diskova generiše nove visokokvalitetne formate zapisa.





# Slika u nevidljivom spektru

---

- **Detalji** formiranja slike na osnovu obasjavanja nevidljivom “svjetlošću” su **dati u knjizi**. Najvažniji oblici ozračivanja objekata pored vidljive svjetlosti su:
  - **Gama zraci** (medicina, astronomija, itd)
  - **X-zraci** (medicina, elektronska industrija za određivanje loših mjesta na štampanim pločama, astronomija)
  - **Ultraljubičasti dio spektra** (litografija, industrijska inspekcija, mikroskopija, laseri, biološki imidžing, astronomija)
  - **Infracrveno područje** (primjene gdje i vidljivi dio spektra + inspekcija žitarica i prehrambenih proizvoda, satelitske opservacije, meteorologija, seizmologija, industrijska inspekcija)
  - **Radio talasi** (medicina i astronomska istraživanja)
- Vizuelizovati se mogu i pojave koje nijesu vezane za elektromagnetne talase. Kao što su npr. **vibracije u seizmologiji**.



# Računar u obradi slike

---

- Revolucija u razvoju i primjeni digitalne obrade slike potiče od razvoja brzih računarskih mašina.
- Tehnološki ovo je veoma dinamična oblast tako da **podaci u knjizi** stari godinu – dvije su već zastareli i više predstavljaju **istorijski pregled**.
- Najčešće u PC računarima opšte namjene postoji **specijalna kartica za rad sa grafikom** (obrada grafičkih podataka i slanje na monitor).
- Ova kartica često sadrži sopstveni procesor za obradu kao i memoriju.
- **Zadatak procesora** je najčešće **kompresija podataka** a **memorija** mora biti **specijalne konstrukcije** da dozvoli obradu ogromne količine podataka.



# Računar u obradi slike

---

- Osnovni problem ovih kartica je pristup drugim resursima u računaru (magistrali i komunikacija sa procesorom računara).

veoma skupo

video podaci zahtjevaju dosta memorije  
npr. za svaki piksel monitora po 3 bajta  
puta broj slika u jednoj sekundi (koji je  
veći nego kod TV-a).

- Tehnološki postoji više načina da se ovaj problem razrješi.
- Pored ove kartice mogu postojati i dodatne kartice za obradu video signala.
- Postoje i specijalizovani računari – **grafičke stanice** – koji su namjenjeni samo obradi slike i video zapisa.



# Štampači

---

- Cilj štampača je da proizvede otisak na papiru
- Postoji mnoštvo tipova štampača. Ovdje ćemo nabrojati najpoznatije:
  - **Matrični štampači** (traka – ribon – koja je umočena u mastilo i prislonjena blizu papira, otisak nastaje tako što iglice – pinovi udaraju o traku spajajući je sa papirom).
  - **Linijski štampači** (slična tehnologija kao prethodno opisana sa tom razlikom što umjesto iglica postoje mali čekići koji su u stanju da udaraju više tačkica odjednom i na taj način prave linije teksta)
  - **Laserski i LED štampači** (tehnologija zasnovana na elektrofotografiji koja je otkrivena 1938 a prvi put kod štampača primjenjena 1980-te od strane Canon-a). Na narednim slajdovima ova tehnologija će biti detaljnije objašnjena.
  - **Inkjet i bubble jet štampači** (jedna ili više kutija sa mastilom se postavlja iznad papira, podešavanjem piezoelektričnog sredstva kod inkjet štampača ili grijača kod bubble jet štampača podešava se količina mastila koja će preko dizne biti ispuštena na papir).

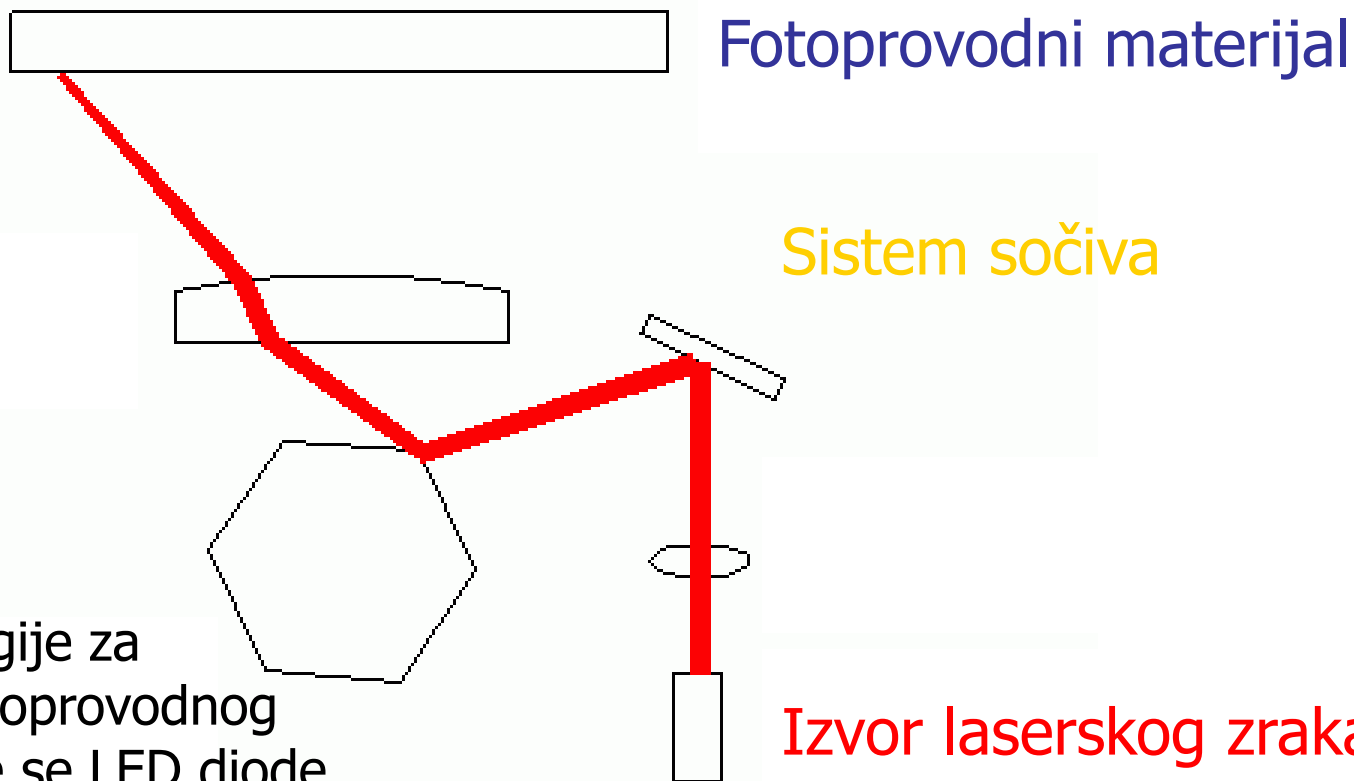


# Laserski i LED štampači

---

1. U laserskim štampačima postoji **cilindar od specijalnog staklenog materijala** koji se uniformno naelektriše.
2. Ovaj **cilindar se osvjetli** selektivno u skladu sa stranicom koja se želi odštampati.
3. **Osvjetljeni dijelovi** cilindra **se razelektrišu**.
4. Zatim se na cilindar **nanosi toner**. Toner je specijalno praškasto mastilo.
5. Toner se **zadržava** samo na **naelektrisanim mjestima**.
6. Na kraju se dobijena slika prenosi na **papir** kreirajući trajni otisak (prenosi se na papir zbog elektrostatičkog elektriciteta).

# Laserski i LED štampači



Kod LED tehnologije za osvjetljavanje fotoprovodnog materijala koriste se LED diode (više njih). Kod LED tehnologije se štampaju sve tačkice u jednom redu odjednom.



# Štampanje

---

- Zapamtite da se kod “laserskog” štampanja štampa materijal u jednoj boji a zbog mana ljudskog oka različita gustina tačkica na malom rastojanju nam se čini kao neka nijansa.
- Ovim nijesu iscrpljene sve tehnike štampanja koje postoje.
- Dvije najvažnije karakteristike štampača se mjere u **dpi=dots per inch** (koliko je fina štampa recimo 600dpi je danas razumni minimum) i **ppm=page per minute**.



# 3D štampači

---

- Najnoviji tehnološki trend u "štamparstvu" su 3D štampači.
- Ovi štampači izrađuju 3D modele. Sastoje se obično od plastičnog punjenja koje se na neki način topi a zatim se nanosi na model u slojevima ili na neki drugi način.
- Danas je uobičajeno izrađivanje slojeva plastične mase u debljinama oko  $100\mu\text{m}$ . Kompjuterski model se obično izrađuje u posebnim softverima za 3D modelovanje a otisak koji se pravi sve je postojaniji.
- Dok se ranije mogao koristiti praktično jednokratno ili samo gledati danas ima i određenu upotrebnu vrijednost.
- Cijena je sve prihvatljivija i postoje uređaji na relativno prihvatljivom nivou cijene.





# Display-i

---

- Pod displayima podrazumjevamo sredstva za prikazivanje slike (u pitanju je najšira definicija).
- Jedna neobična grupa display-a su permanentni koji ostavljaju trajni otisak (npr. fotokopir aparati).
- U display-e ubrajamo i:
  - kompjuterske monitore,
  - medicinska sredstva koja daju sliku,
  - projektore,
  - itd.



# Monitori

---

- Tri osnovne tehnologije:
  - **CRT** sa katodnom cijevlju zasnovani na osvjetljenju fosfornih zrnaca (catode ray tube)
  - **LCD** sa tečnim kristalom (liquide crystal display)
  - **PDP** zasnovan na dovođenju gasa na visoki napon (plasma display panel)
- CRT monitori imaju mnogo mana (veliki su, energetski zahtjevni, postoji problem podrhtavanja slike, zrače što ih čini nepogodnim u vojnim primjenama itd).
- Imaju i prednosti: još uvijek su jeftiniji i mogu se proizvoditi u većem broju zemalja, mogu da omoguće gledanje pod velikim uglovima itd.



# Kako rade CRT monitori?

---

- Slike kod CRT monitora je rezultat rada **fosfornog premaza** koji se nanosi na unutrašnju stranu katodne cijevi.
- Fosfor **ozračen elektronom sija**.
- Za svaki piksel (elementarnu ekransku tačkicu) postoje **tri fosforna zrna**: **crveno**, **zeleno** i **plavo** (RGB).
- Kombinacijom daju željenu boju.
- Na drugom kraju katodne cijevi (kad se monitor otvori to izgleda kao uži dio) nalazi se **elektronski top** koji se sastoji od **katode**, **sredstva za grijanje** i **elementa za fokusiranje**.
- Fokusiranje i usmjeravanje zraka na ekranu se podešava pomoću jakog elektromagnetnog polja koje proizvodi **VN kaskada**.

# Karakteristike CRT monitori?

- Tri važne karakteristike CRT monitora su:

- Dužina dijagonale

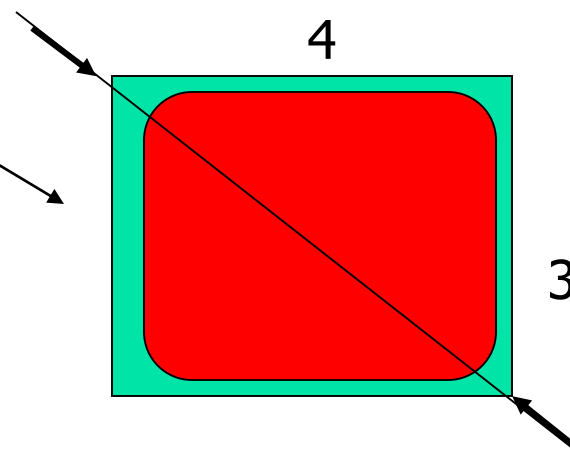
- Rezolucija

- Brzina osvježavanja

rezolucija je broj  
ekranskih piksela

tipična danas  
1600×1200

koliko se slika  
prikazuje na  
ekranu u 1sec



dijagonala se mjeri u inčima  
1"=2.54cm

kod CRT monitora odnos  
širina/visina=4/3

dio ekrana blizu ivica je  
neupotrebljiv za prikaz slike



# Brzina osvježavanja i rezolucija

---

- Može se podešavati broj piksela koji će biti uključeni (**podešavanje rezolucije**) do neke maksimalne vrijednosti.
- Može se **podesiti i osvježavanje** (osvježavanje se mjeri u Hz i recimo 70Hz znači da će 35 slika, odnosno 70 poluslika, biti prikazano u 1sekundi).
- Za prikaz **1 piksela** potrebno je prikazati podatke o **tri boje** (svaka boja sa k bita).
- Neka je **količina memorije** koja radi sa video izlazom veličine **W** po sekundi.
- Ako je **rezolucija** podešena na **M×N** piksela maksimalna brzina osvježavanja je  **$v = 2W / (3kMN)$** . **Zašto?**

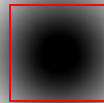


# Niskopropusni obrazac

---

- Mnoštvo piksela koji su primaknuti vidimo kao jednu nijansu i sa određene daljine ne možemo da ih razlikujemo.
- Jedan piksel koji zrači vidimo na sledeći način.

piksel uvećan  
preko 100 puta

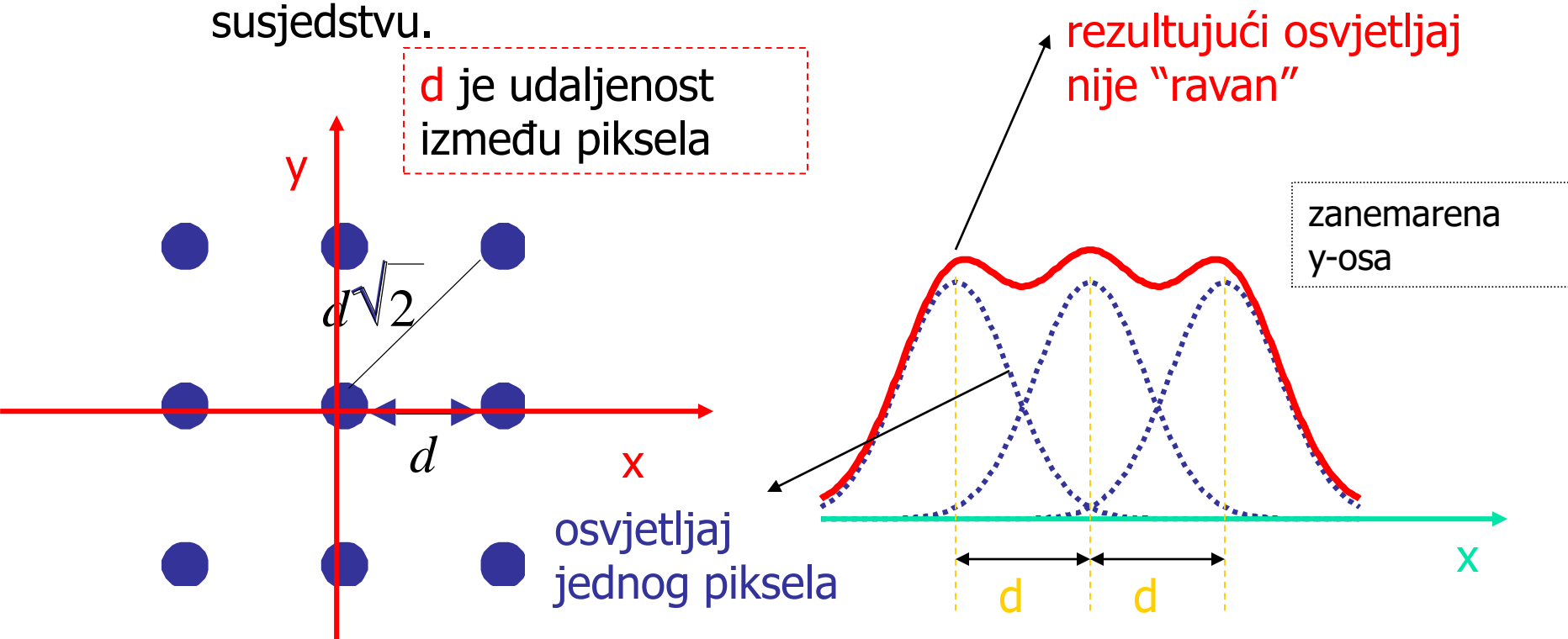


zona piskela

Iz više razloga (nesavršenost monitora, nesavršenost našeg oka) i drugih razloga piksel se ne vidi idealno.

# Niskopropusni obrazac

- Osvjetljaj jednog piksela modeluje se kao:  
 $A \exp(-(x^2+y^2)/R^2)$ ,  $A$  zavisi od nijanse boje,  $R$  od kvaliteta monitora
- Što se dešava ako su svi pikseli istog osvjetljaja u nekom susjedstvu.





# Niskopropusni obrazac

---

- Monitor ima dobar niskopropusni obrazac ako je podrhtavanje prouzrokovano uticajem susjednih piksela najmanje moguće.
- Detalji optimizacije niskopropusnog obrazca su dati u skripti.



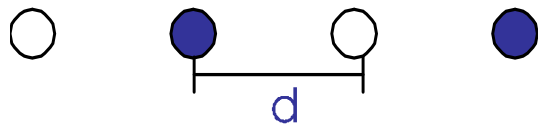


# Visokopropusni obrazac

- Visokopropusni obrazac se formira kao naizmjenične linije u dvije nijanse.



Usled prethodno opisanih nesavršenosti prelaz između svijetlih i tamnih polja nije "oštar" već kod lošijih displeja dobijeni rezultat je mutan.



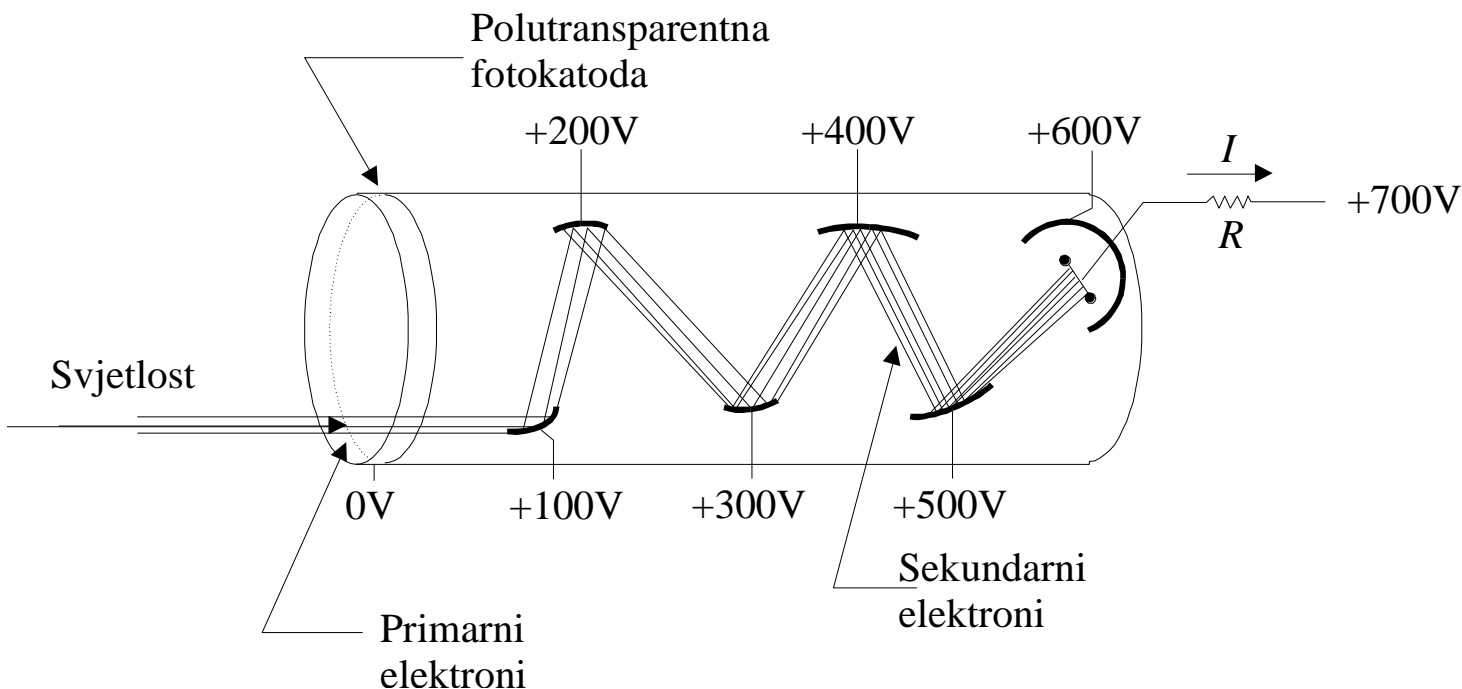
Detalji vezani za visokopropusni obrazac mogu se naći u knjizi.

**Zašto se predmetni obrazac naziva visokopropusnim?**

Sa istom namjenom se koristi i **checkboard obrazac** koji se formira u obliku šahovskih polja.

# Kamere

■ Analoge (vidicon kamera zasnovana na fotomultiplikatorskoj cijevi)



**Fotoni svjetlosti udaraju o fotokatodu i izbijaju primarne elektrone. Ubrzani električnim poljem elektroni udaraju u naredne ploče i izbijaju sve veći i veći mlaz elektrona.**

Na ovaj način se na izlazu dobija **video signal** kao električni ekvivalent (mnogo puta pojačani) signala svjetlosti.



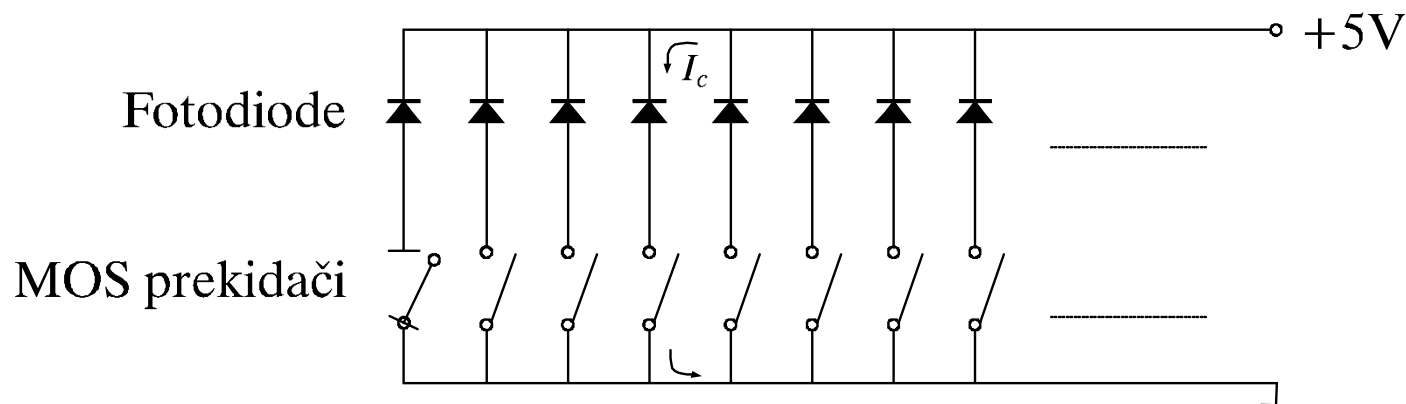
# Digitalne kamere

---

- Iako analogne kamere imaju određene prednosti u upotrebi su sve jeftinije i kvalitetnije digitalne video kamere.
- Postoje tri tipa senzora kod digitalnih kamera:
  - **CCD** (Charged Coupled Device) senzori
  - **CID** (Charge Injection Device) senzori
  - **APS** (Active Pixel Sensor)
- CCD senzori su u masovnijoj upotrebi (najviše zbog cijene) a analiziraćemo i ACS kao novi trend u oblasti.
- Detalji o CID senzorima mogu se naći u knjizi.

# Digitalne kamere

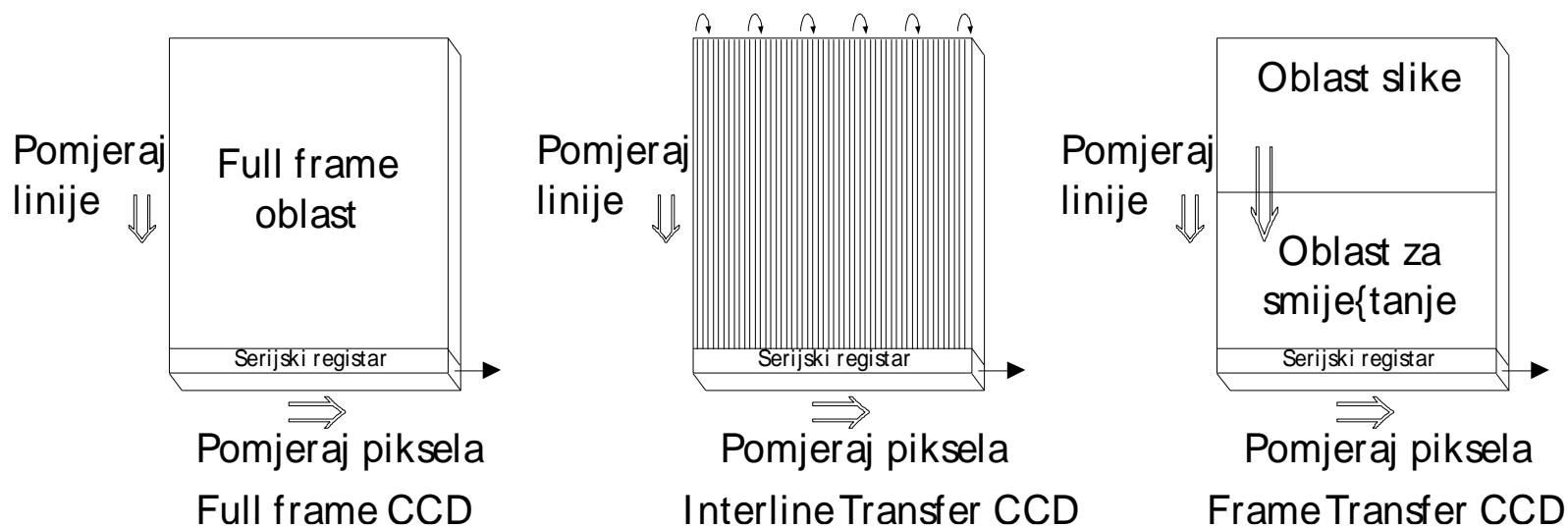
- Osnovu CCD/CID kamera čini **fotodiodno polje**:



Polje fotodioda se isporučuje na jednom čipu. Diode rade kao neka vrsta kondenzatora u "**svjetlosno integrišućem režimu**". Kada se zatvore MOS prekidači diode propušte struju koja je proporcionalna naelektrisanju kojom su bile izložene.

# Digitalne kamere

- Struja na izlazu iz fotodiodnog polja proporcionalna je osvjetljaju u određenom vremenu.
- Ovo je slično (mada malo inercijalnije) vidicon-u.
- Problem postoji kod očitavanja signala sa senzora.
- Kod CCD senzora postoje tri strategija očitavanja.





# Strategije očitavanja kod CCD-a

---

- Full frame transfer
  - polje treba zamisliti kao matricu kod koje je jedan red zamaskiran odnosno u kome se nalaze polja kod kojih se ne vrši integracija svjetlosti; kada se formira slika red po red ostatka matrice u kojem je obavljena integracija svjetlosti se prenosi u maskirani red a iz njega se čita pomoću pomjeračkog registra
    - **Prednosti:** Jednostavnost hardvera, veliki procenat fotodiodnog polja iskorišćen za akviziciju slike.
    - **Mana:** Sporost.



# Strategije očitavanja kod CCD-a

---

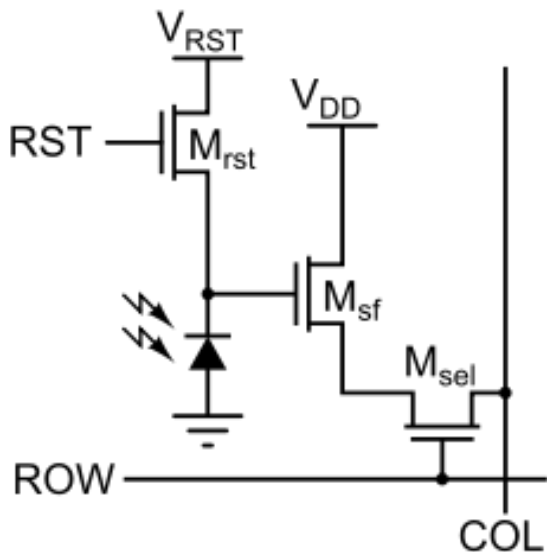
- **Interline transfer**
  - Svaka druga linija u polju je maskirana. Kada se završi period integracije vrši se “brzo” prebacivanje u maskirane linije iz kojih se dalje vrši očitavanje dok se ostale linije mogu koristiti za novu akviziciju.
    - **Prednost:** Brzina.
    - **Mane:** Slabo korišćenje fotodiodnog polja.
- Za treći tip transfera pogledajte knjigu.
- Kod akvizicije slike u boji postoje filtri koji propuštaju na fotodiodno polje po jednu od **osnovnih nijansi** i kombinacijom ovih nijansi se stvara slika u boji.

→ **pitanje osnovnih nijansi kasnije će biti tretirano u detalje**

# APS ili CMOS kamere

- APS se koristi kod kamera koje se nazivaju CMOS kamerama. Posjeduje u svakom pikselu slike pojačavač (kod ostalih senzora pojačava se jedan red ili kolona).

Postoji više konfiguracija od kojih je jedna data na slajdu.



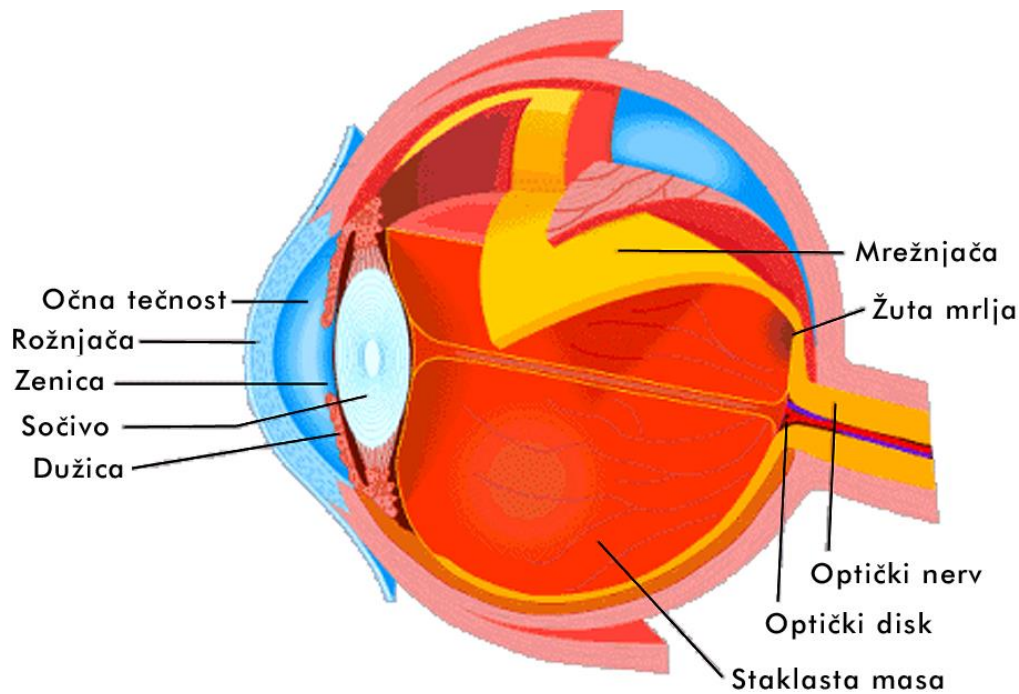
Ovi senzori su jeftiniji, brži, imaju manju potrošnju od CCD senzora i koriste se kod mobilnih telefona i nekih tipova kamera.

Još su ispod nivoa kvaliteta zahtjevanog za visokorezolucione slike (2011 godine) ali postoji mogućnost da u dogledno vrijeme prevaziđu CCD senzore i po ovoj performansi.



# Ljudsko oko

- Oko je jedno od pet ljudskih čula.
- 5/6 informacija dobijamo preko očiju.
- Rad oka podsjeća na rad drugih senzora.





# “Koraci u gledanju”

---

- Svjetlost dolazi na **zjenicu**.
- **Fotoosjetlivi mišići** podešavaju otvor zjenice i na taj način regulišu količinu svjetlosti koja ulazi u oko.
- Svjetlost stiže na **sočivo**.
- **Druga grupa mišića** podešava zakrivljenost sočiva kako bi omogućila pravilno fokusiranje slike.
- Svjetlost prolazi kroz **staklasto tkivo**.
- Svjetlost stiže na **mrežnjaču** (ovojnicu oka).
- Svjetlost bi trebala da stigne na tačno određeno mjesto na mrežnjači koje se zove **žuta mrlja** koja ima površinu  $1\text{mm}^2$ .



# “Koraci u gledanju”

---

- Na mrežnjači se nalaze vidne ćelije:
  - štapići (oko 125 miliona izduženog oblika pogodni za noćnu viziju)
  - čunčići (oko 5.5 miliona oblika prizme pogodni za dnevnu viziju – što mislite zbog čega su ovi manje brojni i prizmatičnog oblika?)
- Svjetlost se u vidnim ćelijama elektrohemijском reakcijom pretvara u **električni impuls**.
- Broj vidnih ćelija opada kako se krećemo od žute mrlje.
- Na relativno maloj udaljenosti od žute mrlje nalazi se **slijepa mrlja**. Iz slijepe mrlje ka mozgu vodi **vidni živac**.
- Vidni živac je povezan sa vidnim ćelijama preko **ganglija**.
- Vidni živac “integrali” odzive vidnih ćelija.



# Koraci u gledanju

---

- Vidni živac je izuzetno dugačak (jedan od 12 najvažnijih nerava u organizmu) i vodi do kore velikog mozga (oblast se naziva korteks).
- U mozgu se stvara slika.
- **Gledamo očima vidimo mozgom!!!**
- Oči su inercijalne. Ne mogu da formiraju sliku objekta odmah prilikom promjene osvjetljaja.
- Takođe očni živac relativno sporo (u poređenju sa "žičanim" vezama) prenosi informacije.
- To dovodi do **perzistencije oka** – vidimo 24 slike u sekundi.



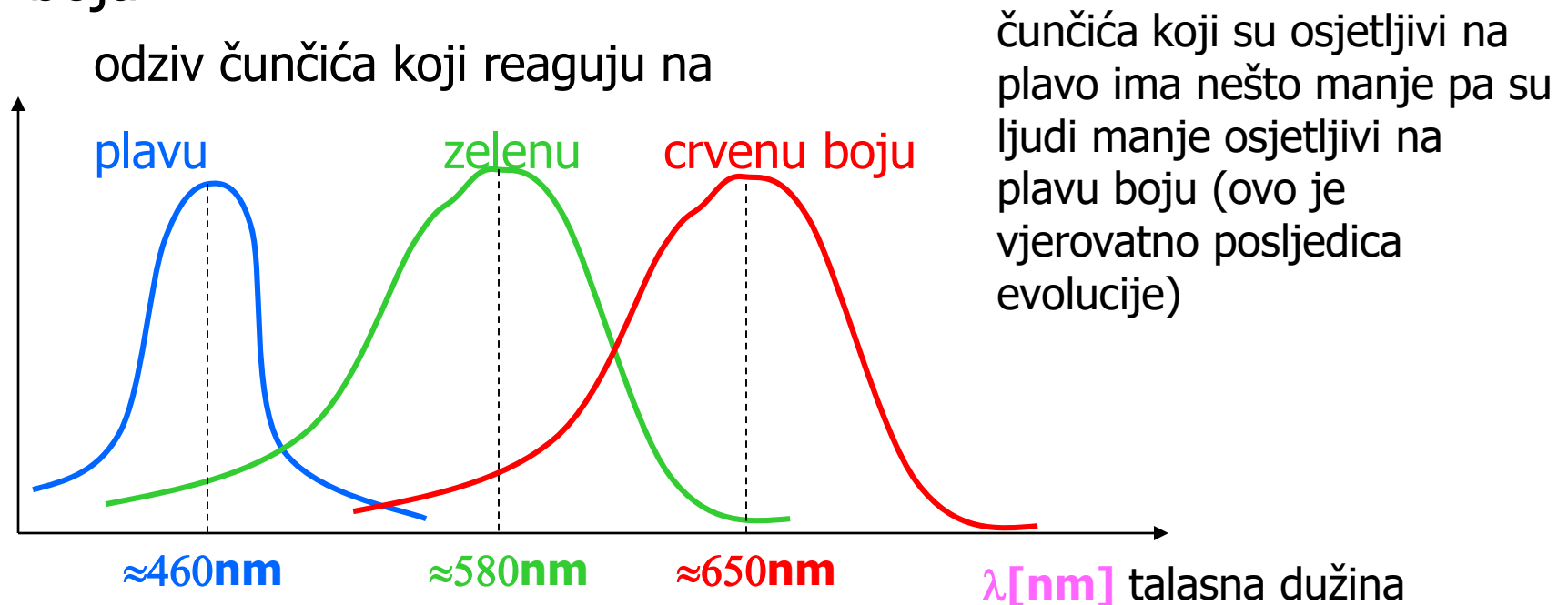
# Problemi kod oka

---

- Zbog neidealnog fokusiranja svjetlosti – promašivanja žute mrlje - nastaju dvije poznate mane – **kratkovidost i dalekovidost**.
- Zbog umrtvljivanja mišića koji rukovode radom sočiva nastaje **staračka dalekovidost**.
- Ako postoji problem u razvoju jedne od 3 vrste čunčića koji postoje u oku nastaje **daltonizam**.
- Oko napadaju i opasne bolesti **trahom, konjuktivitis, katarakt**.
- **Ožiljci, abrazije, edemi** mogu da oštete staklasto tkivo i da ometaju prelamanje svjetlosti.

# Model boja kod oka

- Postoje 3 vrste čunčića koji su osjetljivi na različite vrste boja.



kombinacijom odziva tri grupe čunčića dobija se kolorna vizija



# Model boja kod oka

---

- Tokom noći pojačava se rad naših receptora svjetlosti za crno-bijelu viziju ali se ne gube o potpunosti informacije o boji.
- Ljudi vide više od 1milion boja (osjetljivost i boje koje se vide variraju) dok nijansi sivog vide jedva 40-80.
- Naredne nedjelje radimo modele boja za zapis digitalne slike ali ćemo prije nego što pređemo na tu materiju proći kroz još neke detalje vezane za rad oka.



# Vježba br.1

---

- Osjetljivost na sivoskalirane nijanse
  - Proceduru ćemo odraditi na sledeći način:
    - Formiraćemo matricu 16x16 sa 256 različitih cijelih brojava
    - Zatim ćemo to prikazati
    - Pokušajte da razaznate što je više moguće sivih nijansi

- MATLAB program

```
clear
k=0;
for m=1:16
    for n=1:16
        A(m,n)=k;
        k=k+1;
    end
end
pcolor(A),colormap(gray(256)),shading interp
```

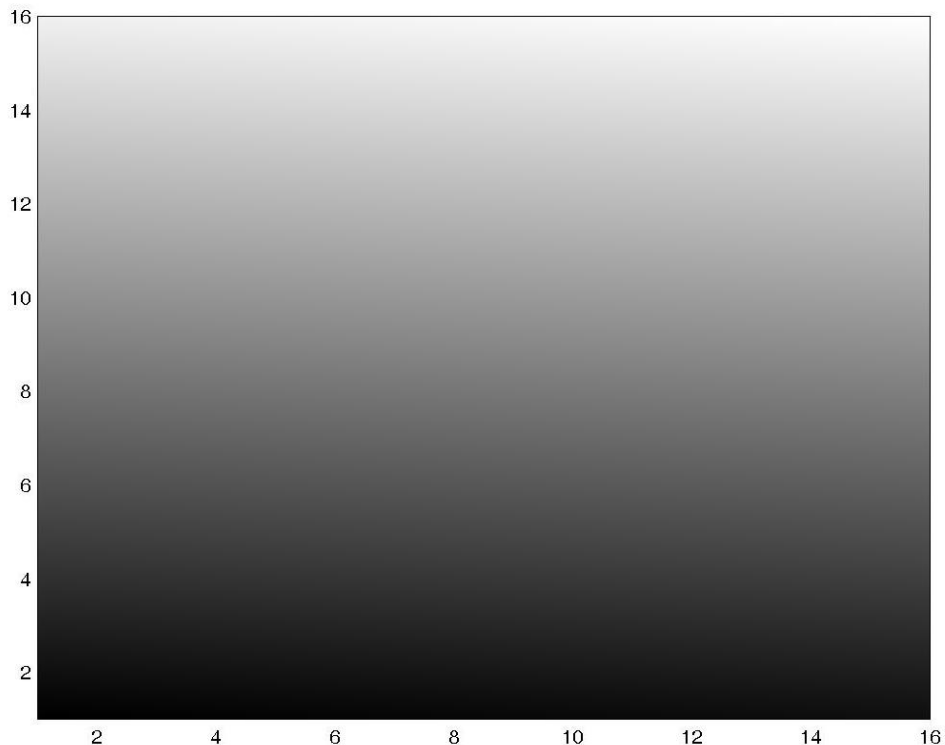




# Vježba br.1

---

- Dobijena slika



**Pitanje:**

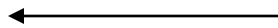
Koliko možete vidjeti  
nijansi sivog?

# Vježba br.2

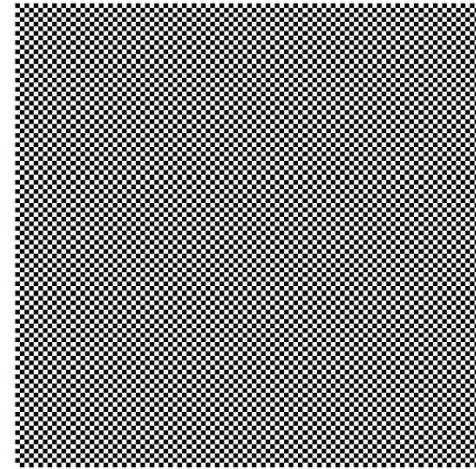
- Formirati binarnu sliku po check-board obrazcu.
- MATLAB kod:

```
[m,n]=meshgrid(1:100,1:100);  
r=rem(m+n,2);  
imshow(r)
```

podesite veličinu slike na  
100×100 ekranskih piksela



Što zaključujete o kvalitetu  
vašeg monitora u slučaju  
visokopropusne slike?





# Za samostalni rad

---

- Informišite se o razvoju CCD senzora i o mogućim novim tehničkim rješenjima.
- Posmatrajte rad jednog skenera. Detektovati osnovne djelove.
- Razmotriti konstruisanje sopstvenog skenera. Pokušajte da dođete do podataka o potrebnim djelovima.
- Potražite detalje rada LCD i plasma display-a.
- Analizirajte cijene i performanse video-projektora.



# Za samostalni rad

---

- Potražite podatke o različitim tipovima štampača a posebno o njihovoj konstrukciji i djelovima.
- Potražite podatke o savremenim računarskim karticama za obradu video signala, mogućnosti i konstrukciji.
- Pokušajte da dođete do podataka o nekom sredstvu za medicinski imidžing.
- Rad sa 3D štampačima.
- Simulacija niskofrekventno i visokofrekventnog obrasca kod displeja.