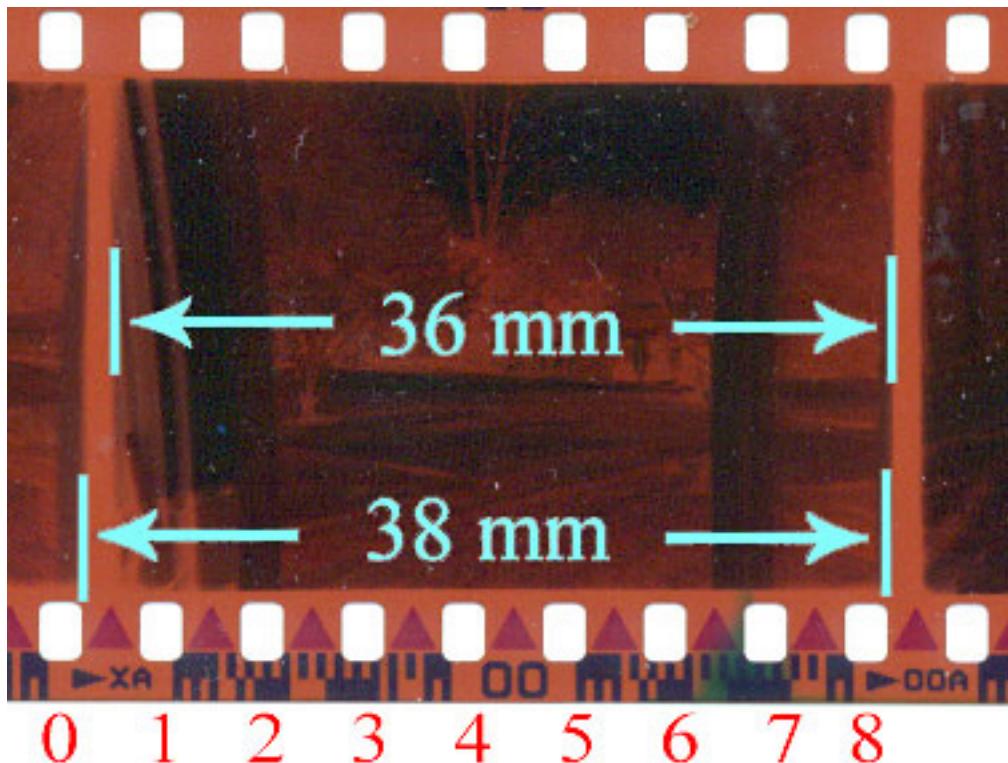


1 TIPALA V FOTOGRAFIJI

Standardni film je imel širino 35 mm. Posamezna sličica pa je zavzela velikost 36×24 mm, kot je prikazano na sl. 1.



Slika 1: Standardni film 135 (vir: wikipedia).

- https://en.wikipedia.org/wiki/135_film
- standard za "full-frame"

Dimenzijs senzorjev pa je precej več različnih dimenzijs in jih zato velikokrat primerjamo s t.i. "full-frame" formatom.

Sama tehnologija svetlobnega tipala je relativno enostavna in podobna svetlobnim senzorjem, ki smo jih sestavljeni pri elektroniki. Vrhunski tehnološki napredek je v:

- majhnosti teh senzorjev
 - pri Nikon D90 je dim. sl. točke 5.5×5.5 um
- gostota le - teh
 - pri Nikon-u D90 je tipalo dimenzijs 23.6×15.8 mm na katerem je

- 13 milijonov slikovnih točk v
- resoluciji 4288 x 2848

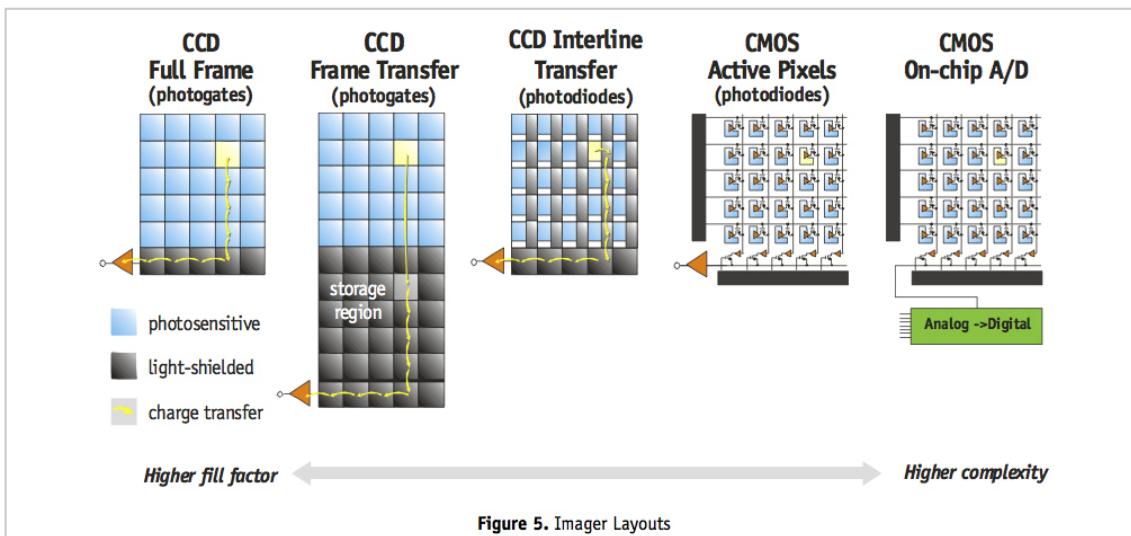
Več podatkov o svetlobnih tipalih, ki so vgrajeni v različne naprave je zbranih na spletni strani [Digital Camera Database](#).

1.1 TEHNOLOGIJA SVETLOBNEGA TIPALA

V splošnem imamo dve različni tehnologiji tipal:

- CCD (angl.: Charge-coupled device) in
- CMOS (angl: Complementary Metal Oxide Semiconductor)

Image Sensor Architectures for Digital Cinematography



Slika 2: CCD in CMOS tehnologije svetlobnih tipal (vir: <https://johnbrawley.wordpress.com/2012/09/17/aaton-delta-penelope/fill-factor/>).

1.1.1 CCD TIPALA

Ta tip tipala je dominiral v 80' in 90'. Samo tipalo je bilo zelo domiselno načrtovano v **AT&T Bell laboratorijih**. W. Boyle in G. E. Smith sta si zamislila tipalo, katerega sprejemna površina fotonov:

- sploh ni bila razdeljena v posamezne slikovne točke in
- ni vsebovala posameznih žic (za odčitavanje napetosti)

- elektrone so vodili z električnim poljem po sami površini tipala.

Imel je kar nekaj prednosti, zaradi katerih se je na tržišču obdržal do leta 2010.

- **princip delovanja CCD tipala.**

Prednosti:

- DOBRA SVETLOBNA OBČUTLJIVOST (relativno na velikost tipala)
- velika površina na katero vpada svetloba
- zanemarljiv električni šum

Slabosti:

- izguba elektronov pri prenosu od registra do registra
- počasno branje vrednosti senzorja (zaradi premikanja elektronov iz reg. v reg.)
- nujno mora vsebovati zaklop (senzor ne sme biti osvetljen mer premikanjem elektronov)
- premikanje elektronov zahteva nekaj več električne energije (potratno za baterijo fotoaparata)
- ob močni osvetlitvi so elektroni prešli tudi v kanal sosednjih celic!
- “blooming effect” - če je na enem mestu tipalo preveč osvetljeno se elektroni razporedijo tudi v sosednje celice

1.1.2 CMOS TIPALA

- **princip delovanja CMOS tipala**

Prednosti:

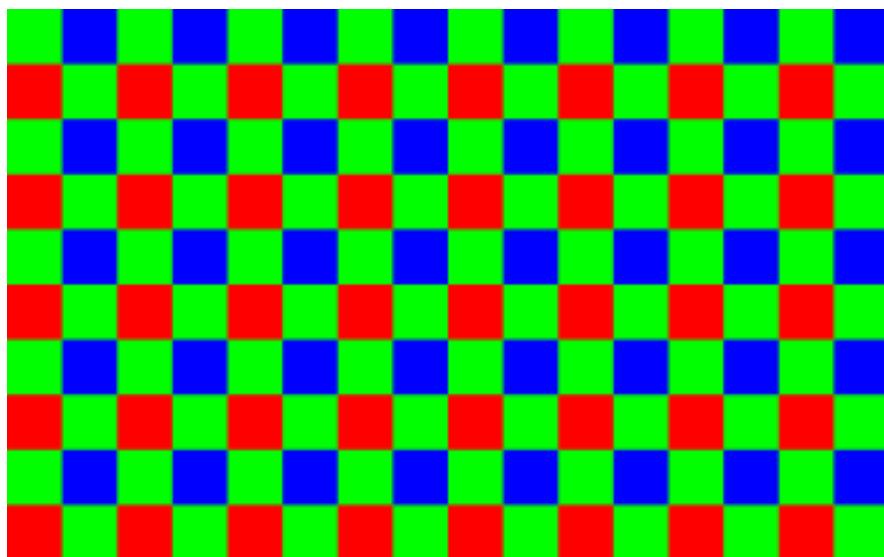
- transformacija in ojačanje je narejena na vsaki sl. točki
 - manjša poraba el. energije
- sočasno procesiranje = hitrejši (zaporedni) zajem fotografije
- ni potrebno več imeti zaklopa (manjši fotoaparati)

Slabosti:

- ne-enakost posameznih ojačevalnikov = VEČJI EL. ŠUM
- ne-sočasnost odčitavanja vseh sl. točk = “rolling shutter effect”
 - **rolling shutter effect**
 - **RSE (vir: SmarterEveryDay)**

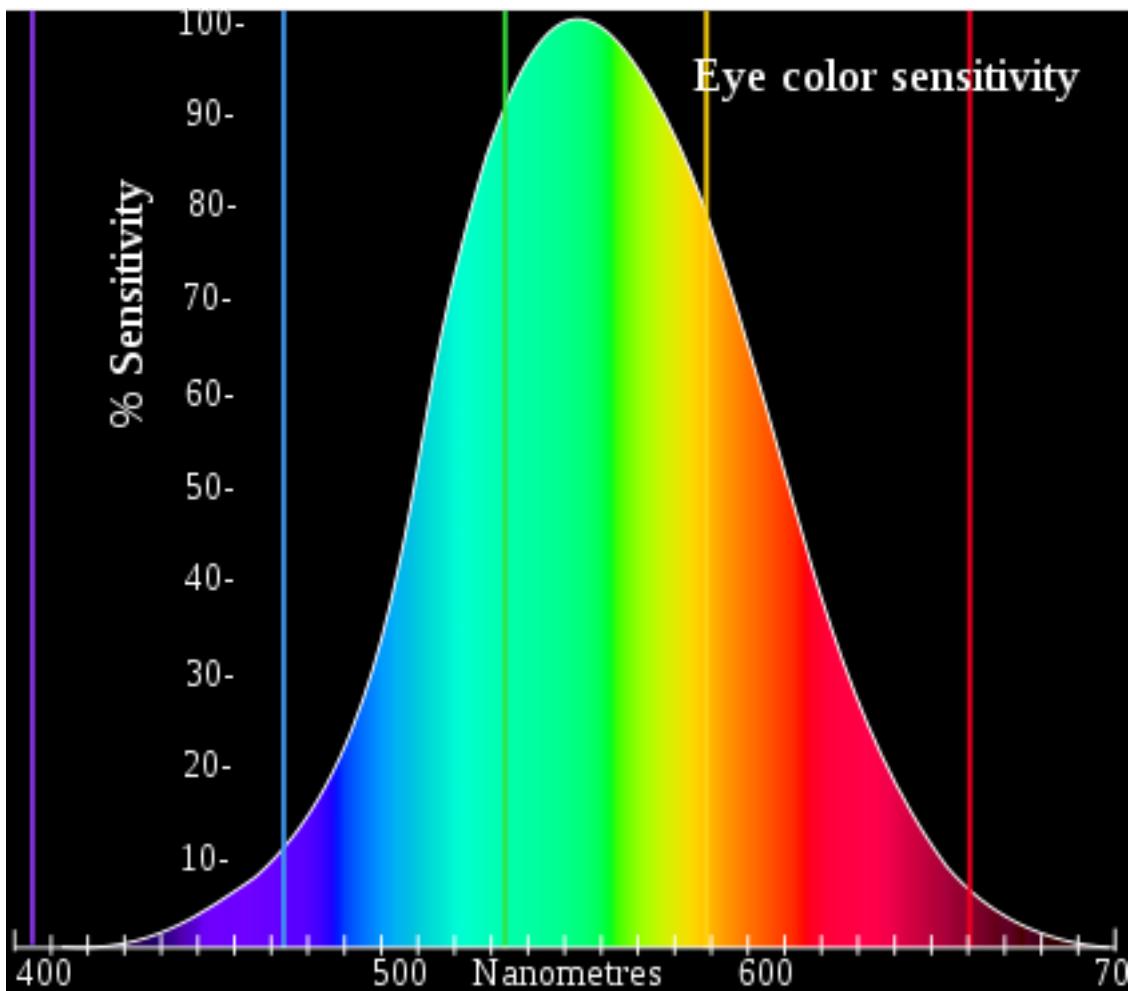
1.2 RAZPOREDITEV BARVNEGA FILTRA NA TIPALU

Še danes je najbolj pogosta razporeditev barvnega filtra na tipalu t.i. "Bayer-jeva razporeditev." Domislil se jo je Bryce Edward Bayer leta 1974, ko je delal za podjetje Kodak. Barvna matrika je zasnovana tako kot prikazuje sl. 3.



Slika 3: Bayer-jev barvni filter (wikipedia)

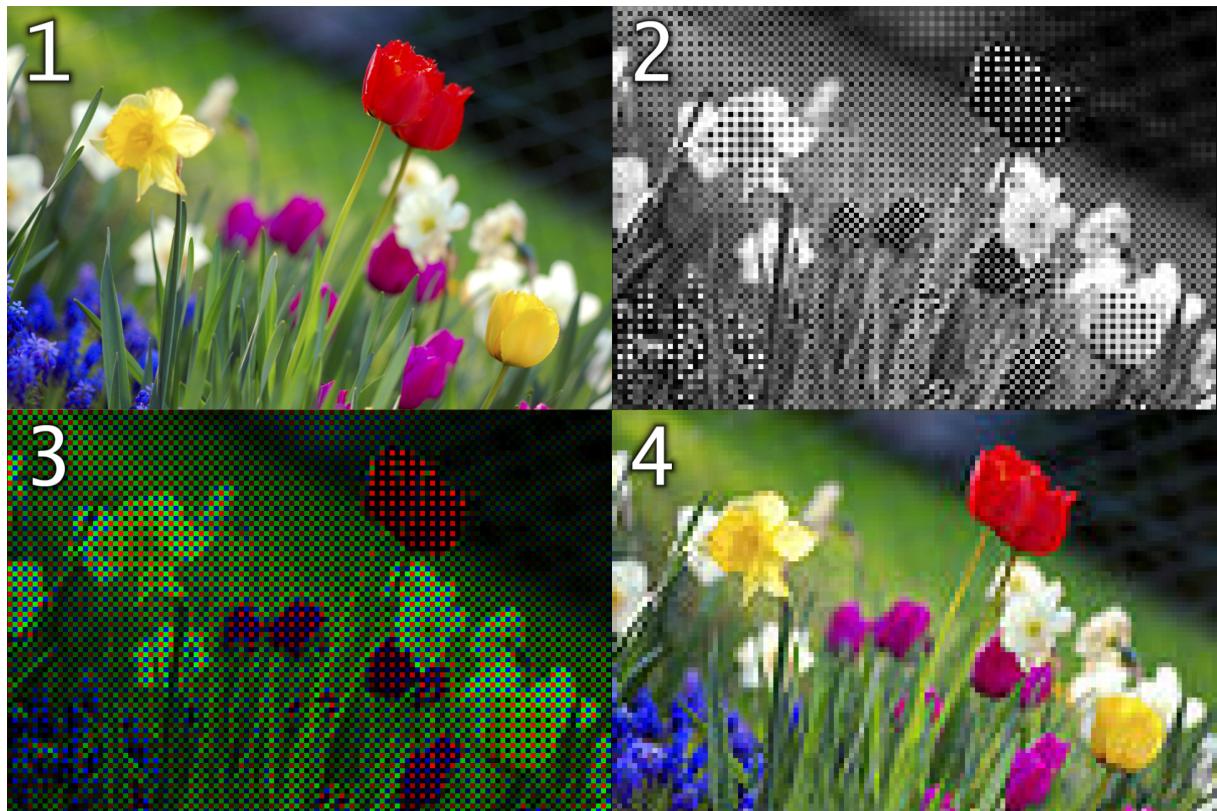
- vsaka slikovna točka sicer vzorči le eno barvo
- a z interpolacijo podatkov sosednjih točk izračunamo še ostali dve barvi
- več točk je zelene barve, ker so naše oči najbolj občutljive na zeleno barvo, kot je razvidno iz sl. 4.



Slika 4: Občutljivost človeškega očesa (vir: wikipedia).

Na naslednji sl. 3 imamo 4 sličice. Primer prikazuje:

- če fotografiramo objekte na sličici 1,
- bo senzor zabeležil naslednje vrednosti, ki so z intenziteto bele prikazani na sličici 2,
- sličica 3 prikazuje njihovo vrednost v barvni matriki filtra.
- Popolne podatke za vsako slikovno točko dobimo z interpolacijo podatkov sosednjih točk.



Slika 5: Slikovni primer podatkov zajete fotografije z bajerjevim filtrom.

1.3 INTERPOLACIJA SLIKOVNIH TOČK

... out of scope ...

- ne gledamo le povprečja sosednjih točk
- več različnih algoritmov... kompleksnejši:
 - preverijo če obstaja hor. ali navp. rob,
 - glede na ta podatek se izračuna zelena barva za vsako sl. točko,
 - preverjamo najmanjo varianco v hor., navpični ali diagonalni smeri
 - povprečje izračunamo glede na smer katero varianca je najmanja
 - (če je varianca po diagonali najmanja = povprečje sosednjih vrednosti)
- več o **interpolaciji barvnih vrednosti**
- digitalna tipala CCD in CMOS [[spletни vir](#): A. Berger, CCD vs CMOS - Part 2] [[spletни vir](#): Wikipedia, Charge-coupled device], [[spletни vir](#): B. Green, Sensor Artifact and CMOS rolling shutter] [[spletни vir](#): VideoApexBlog, CMOS/CCD - rolling shutter] [[spletни vir](#): CCD vs. CMOS-Chips]

Smearing-Effekte] [[spletni vir](#): CCD vs. CMOS-Chips: Blooming-Effekte] [[e-skripta](#): Slikovni senzor]

- mikroleče [[spletni vir](#): Microlens]
- točka, resolucija in ločljivost [[spletni vir](#): A. Berger, What is a pixel? - Part 2]
- od točkje do barve [[spletni vir](#): Michael, How a Pixel Gets its Color | Bayer Sensor | Digital Image,
- [spletni vir](#)]