

Fotografie bez chemie

Digitální fotografie



Proč ne digitální fotografie

Na otázku PROČ ? může být velice dlouhá, nebo naopak velice krátká odpověď. Nejlepší bude uvést nevýhody a naopak výhody

a) Proti DF:

- Cena zejména vyšších řad digitálních fotoaparátů (ceny 80 tis. - 3 mil.) + optika + příslušenství
- energetická náročnost (displeje)
- rychlý vývoj - koupit či ještě počkat?
- (náročnost na počítačové vybavení a zálohování)



Proč ano digitální fotografie

b) Pro DF:

- rychlost získání snímku – okamžitý náhled snímku
- okamžitá možnost zpracování do novin, časopisů, www stránky,
- reklama, VĚDECKÁ FOTOGRAFIE, ...
- možnost poslat e-mailem
- snadná úprava obrazovými editory
- kopírování a ukládání beze ztráty kvality
- ekologické hledisko (chemikálie, stříbro, papír)
- jednoduchá archivace



Historie digitální fotografie

- První kamera na statické snímky r. 1981 – Sony MAVICA
- První opravdová digitální kamera DigiCam firmy Dycam na CeBit 1991 (rozlišení 376 x 240 bodů)
- Fotokina 1992 náhlý rozmach, mnoho světových firem předvedlo své výrobky
- U nás nastal obrovský rozmach v rámci INVEXu 1996

Kompaktní digitální přístroje



- 8,1 milion pixelů, 3,5x Zoom (ekv. 36 – 120 mm pro kinofilm)
- 2,5" LCD monitor
- Redukce vibrací
- Bezdrátový přenos snímků
- Snadno čitelný 2,5" LCD monitor
- Záznam videosekvencí frekvencí až 30 obr./s
- Přibližně 23 MB interní paměť
- Funkce BSS – volba nejlepšího snímku
- Pohodlné propojení pomocí rozhraní USB

„Elektronická zrcadlovka“ (EVF)

12x optický zoom LEICA, optický stabilizátor obrazu, světelnost F2.8, CCD 1/2.5", rozlišení 6.37MP, JPEG/TIFF, objektiv $f = 2.8 - 3.3 / 36 - 432\text{mm}$ (35mm), rozsah závěrky 60s-1/2000s, priorita času/clony, úplný manuál včetně ostření, 2.5" LCD panel (114K pixelů), 0.33" LCD hledáček (114K pixelů) s dioptrickou kor., sériové snímání 3/2 snímky/s do vyčerpání karty, režim makro (od 5cm) a telemakro (od 100cm), kontinuální zaostřování, 1/3/9/bodový-autofokus, režimy pro superrychlé ostření, světlo pro ostření ve tmě



„Bezzrcadlovka“ (Mirrorless)

- konstrukčně blízké zrcadlovkám, ale nemají zrcadlo
- výměnné objektivy
- systémové příslušenství
- větší snímací senzor (až APS-C nebo FF)
- ostření na kontrast nebo hybridní – ostření kontrast s podporou fázové detekce (na senzoru)



Olympus OM-D E-5

Rozlišení efektivní

16,1 Mpx

Typ a velikost snímače

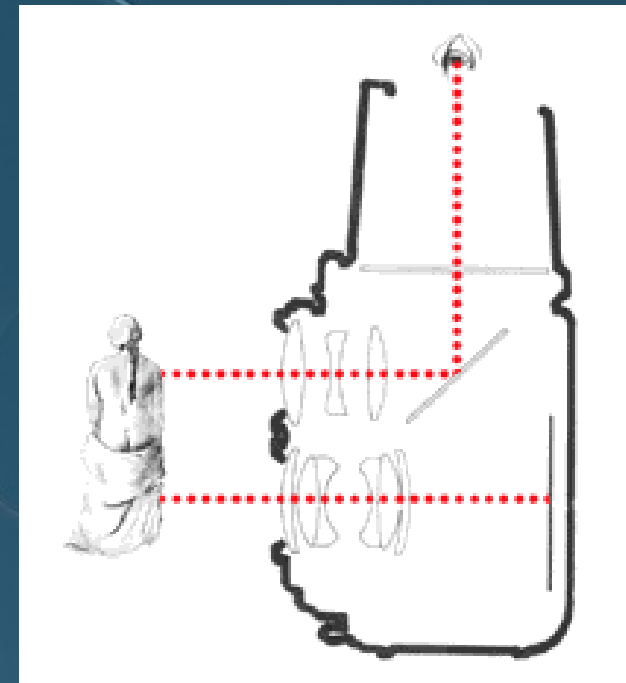
LiveMOS, Micro 4/3, 17,3x13 mm

Pravá zrcadlovka (DSRL) amatérské třídy Nikon D50

- 6,1 milionů efektivních pixelů (formát APS)
- Automatické digitální motivové programy
- Nejmodernější systémy autofokusu a automatické expozice
- 2,5 obrázku za sekundu, až 137 snímků v sérii
- Okamžitá odezva – připraveno za 0,2 s po zapnutí
- Časy závěrky až 1/4000 s
- Velký 2,0palcový monitor LCD
- Snadno použitelné menu



Dvouoká zrcadlovka (TLR)



Ljubitel, Flexaret...

Profesionální DSRL Canon EOS 1 Ds Mark II

- 16,7megapixelový obrazový snímač CMOS velikosti plného políčka, 36 x 24 mm
- 0,3sekundový spouštěcí čas a výkonnost 4 snímky za sekundu
- Citlivost ISO 100–1600, rozšiřitelná na L:50 a H:3200.
- Software Digital Photo Professional v1.5 pro zpracování RAW snímků s podporou barevných prostorů sRGB, Adobe RGB a wide gamut RGB plus různé separační simulace standardu CMYK pro Evropu, Severní Ameriku a Japonsko
- Rozhraní Hi-Speed FireWire a Video out pro úplnou připojitelnost
- Duální vysokorychlostní sloty pro karty SD a CF/CF-II (podpora karet větších než 2 GB)
- 2,0" LCD obrazovka se 230 000 pixely, zoom přehrávání 1,5 až 10x
- Současné fotografování ve formátu RAW a JPEG



Profesionální digitální zadní stěna

- The new Hasselblad CFH-39 digital back features an ultra-high resolution, 39 Mpix sensor and has been custom built to fit the design and functionality of the Hasselblad H2 camera and is completely compatible with the H system range of central shutter lenses.



Hasselblad Ixpress CF



Rozlišení max.88 Mpx
Aktivní chlazení
Velikost snímku
max. 528 MB/16 bit



Digitální stěna Aptus-II 10R

- Senzor s „mamutím“ rozlišením 56 Mpix. Rozměry CCD snímače 56 × 36 mm jsou rovněž velké, takže velké rozlišení by se nemělo negativně projevit v oblasti nárůstu šumu v obraze. Stěna zvládá na fotografované scéně dynamický rozsah až 12 EV.
- Snímky jsou ukládány buď v RAWu či v Tiff formátu. Jeden snímek v nekomprimovaném formátu Tiff (barevná hloubka 16 bitů) je 345 MB (zmiňovaná stěna zvládá snímat rychlostí 1 sn./s), v RAW formátu by měl snímek zabrat „pouze“ 78 MB



Sinarback 54H



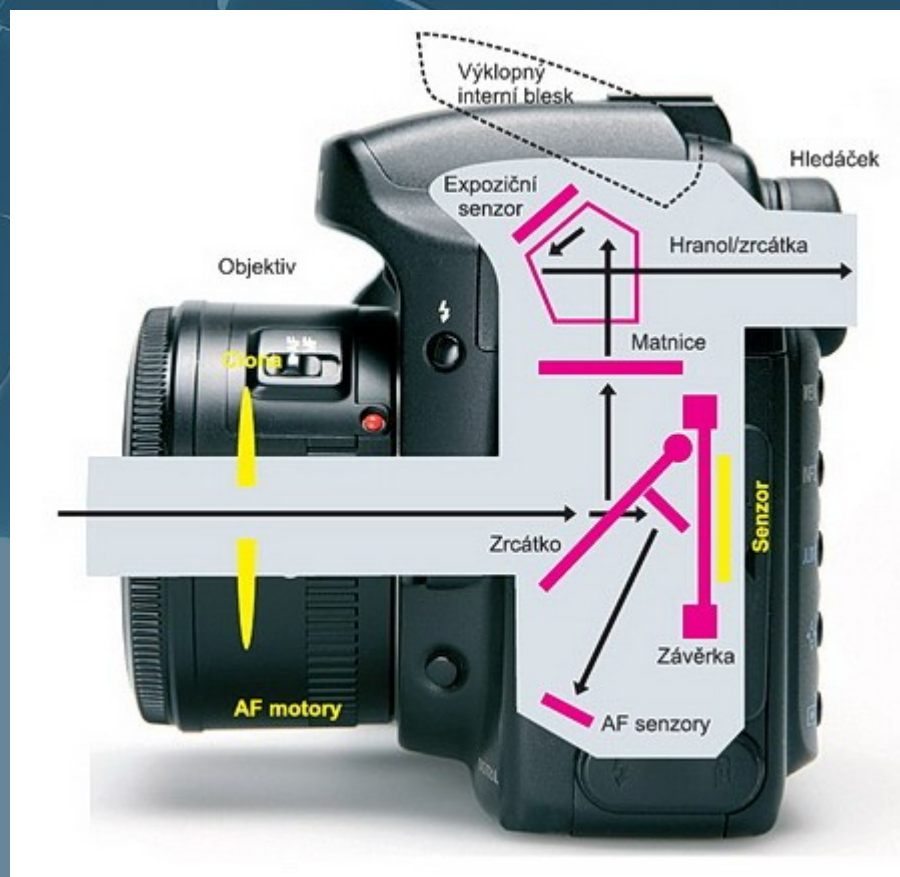
Stavebnicový systém Sinar
pro digitální a klasickou
fotografii

Aktivní chlazení detektoru
Peltierovými články (omezení
šumu)

Při postupné separaci barev
Možnost fyzického rozlišení
90 Mpix

One-shot 22 Mpix

Princip pravé digitální zrcadlovky (DSLR)



<https://www.youtube.com/watch?v=PLxUuTbiU3E>

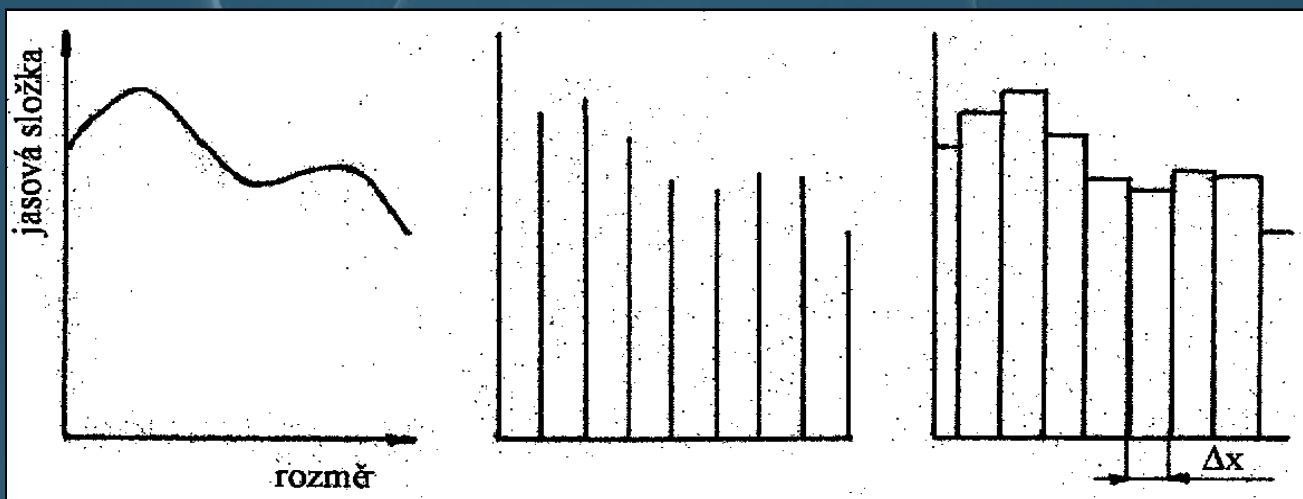


Jak pracuje digitální fotonápisník

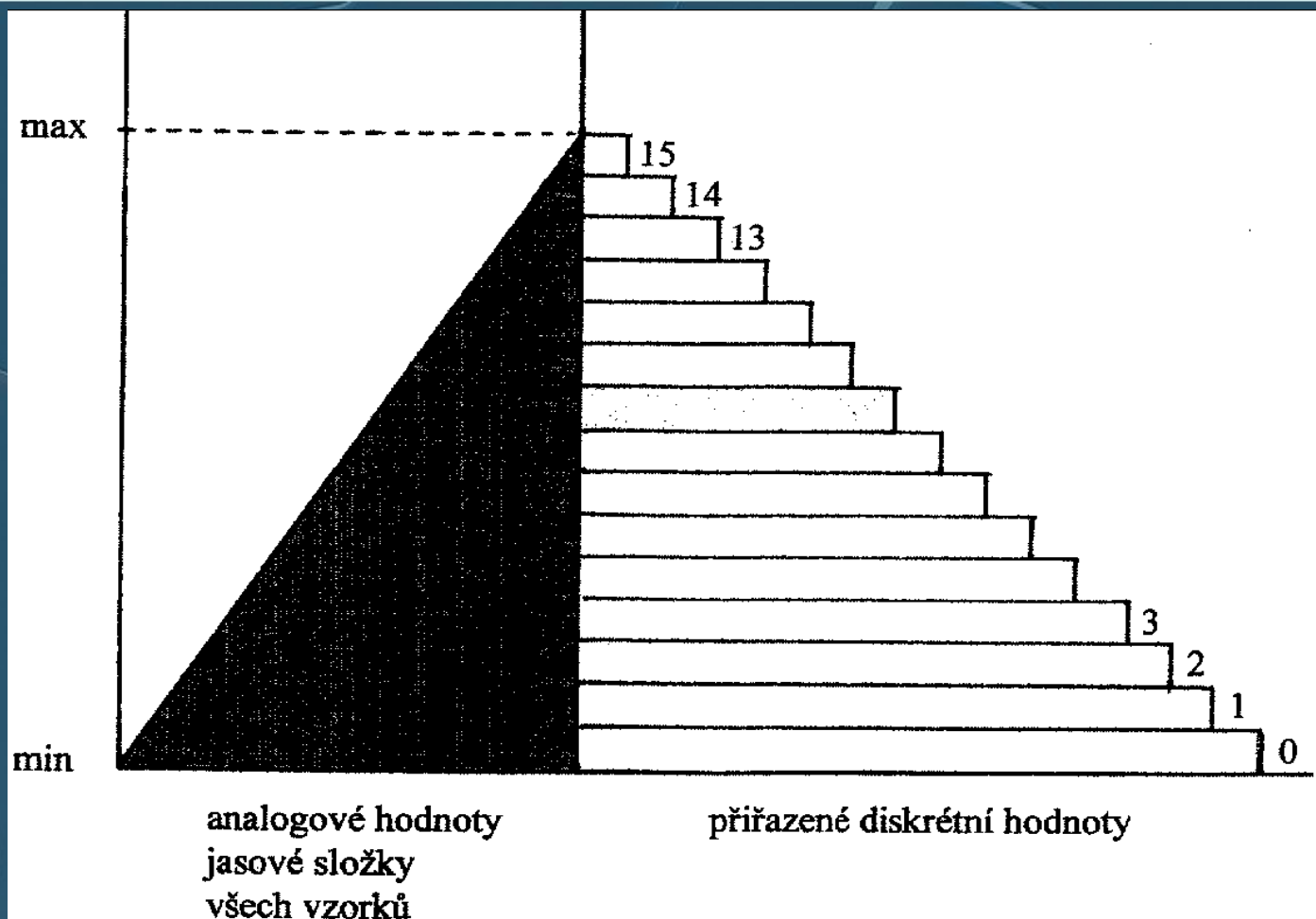
- Fotochemický proces zpracování analogové obrazové informace je nahrazen procesem **fotoelektrickým** s následnou rasterizací.
- **Rasterizace** převede analogový obraz na digitální.
Má dvě fáze:
 - vzorkování
 - kvantizaci
- **Vzorkování** je v podstatě prováděno ploškovou strukturou snímacího prvku, na jehož velikosti záleží, jak velká část analogového obrazu bude zpracována na jednu konkrétní jasovou informaci.
- **Kvantizace** probíhá v A/D převodníku, který přiřadí napěťové úrovni konkrétního obrazového vzorku diskrétní digitální hodnotu.

Rasterizace - vzorkování

- Spojité rozdělení jasu v analogovém obraze
- Vzorkování jasových hodnot
- Přiřazení vzorku celé elementární obrazové plošce o velikosti Δx



Rasterizace – vzorkování při 4 bitové hloubce barev



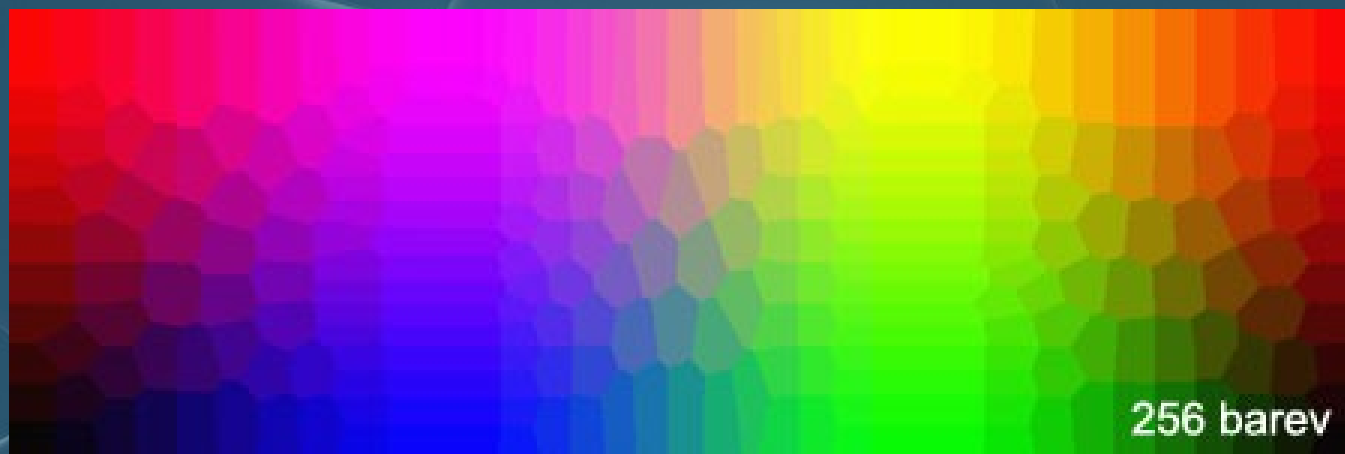


Bitová hloubka

- Čím vyšší počet bitů použijeme pro každý barevný kanál k uložení informací, tím větší dostaneme rozlišení barev a expoziční pružnost.
- Standardní (JPEG) je použití **8 bitů** na barvu (**256 odstínů**), tedy **3x8 bit (16,7 mil. barev)**. S tímto formátem pracují i tiskárny (ofsetové i nátiskové).
- Při úpravách tonality a barev se pracuje obvykle s 16 bity na barvu, výjimečně i s 32 bity na barvu. Kvalitní filmové skenery a profesionální fotopřístroje pracují s 16 - 32 bity na barvu.
- Poloprofesionální a kvalitní amatérské fotopřístroje (obvykle zrcadlovky) pracují s **12** nebo **14** bity na barvu.
- Kompaktní přístroje pracují obvykle s 8 bity na barvu, velmi levné se 4 bity (interpolovány na 8).
- pro větší úpravy fotografií (post-process) je vhodná **co nejvyšší** bitová hloubka

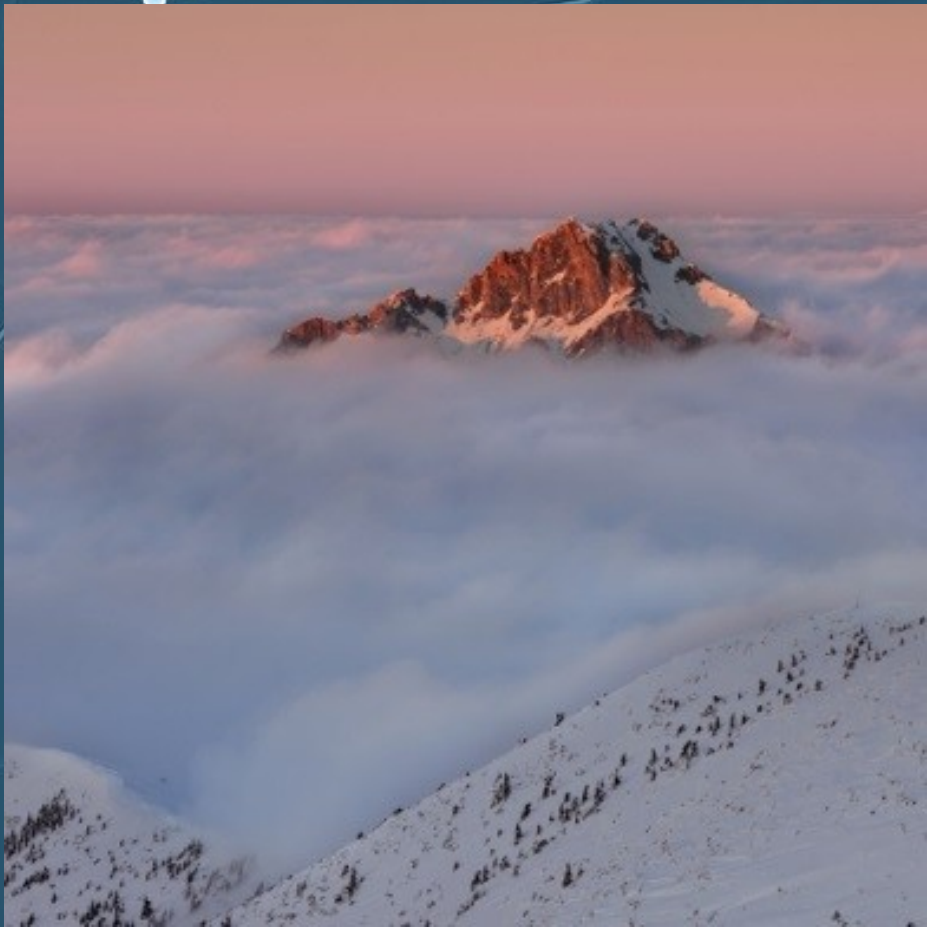


Barevná hloubka





Posterizace





Pixel

- **Pixel (picture element)** je nejmenší jednotka jasu a barvy, z nichž se skládá fotografie, respektive obraz obecně. I klasická chemická fotografie se skládá z zrněk stříbra, případně barevných teček vzniklých barviv v okolí vyvolaných zrněk stříbra v barevné fotografii.
- Rozlišení obrazu se obvykle uvádí v **ppi** (pixelů na palec), **dpi** (dot per inch) či **lpi** (lines per inch). Pro tisk je standard 300 dpi.
- V SI soustavě se uvádí **Res xxx** (resolution) v pixel/mm. 300 dpi = Res 12, případně v pixel/cm. SI jednotky se v praxi používají málo.

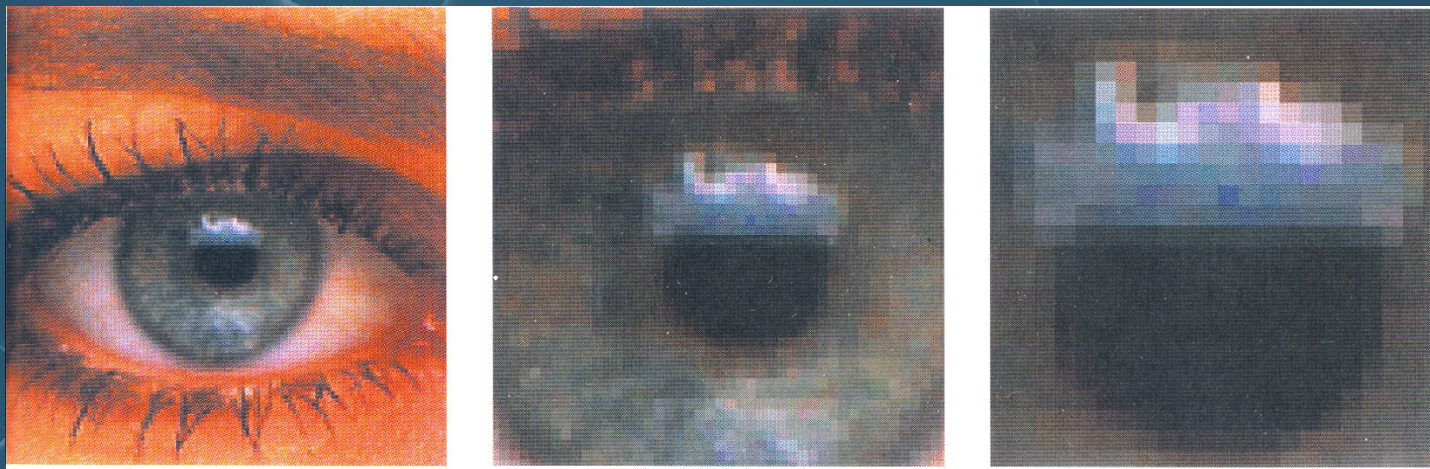
Pixely

- Obraz je tvořen mozaikou pixelů, kde každý pixel má jen 1 barvu a vyjadřuje tedy průměrnou barvu plochy, kterou reprezentuje
- Pixel sám o sobě nemá předepsaný **žádný tvar a velikost** - může být čtvercový, kruhový nebo libovolný, v praxi je však užitečné si ho představit jako obdélník, který vznikne rozřezáním obrazu na určitý počet svislých a vodorovných segmentů



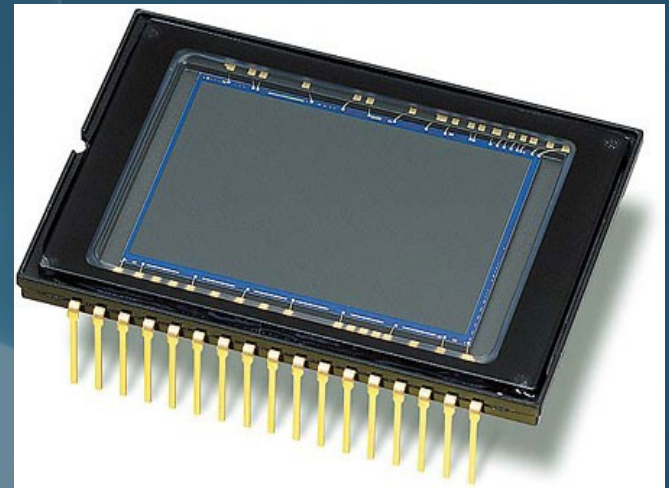
Rozlišení v pixelech

- Při zvětšování obrazu lze od určitého okamžiku rozeznat jednotlivé pixely. Každé políčko obsahuje informaci o barvě a jasnosti. Čím vyšší je rozlišení, tím více jej můžeme aniž by došlo k **pixelaci**

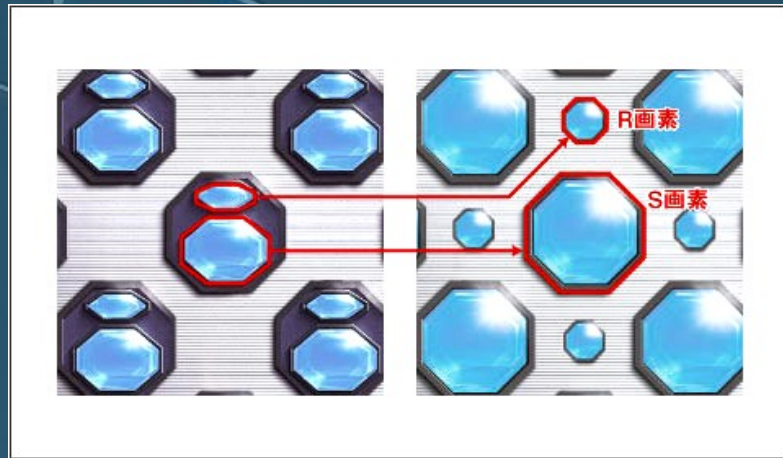
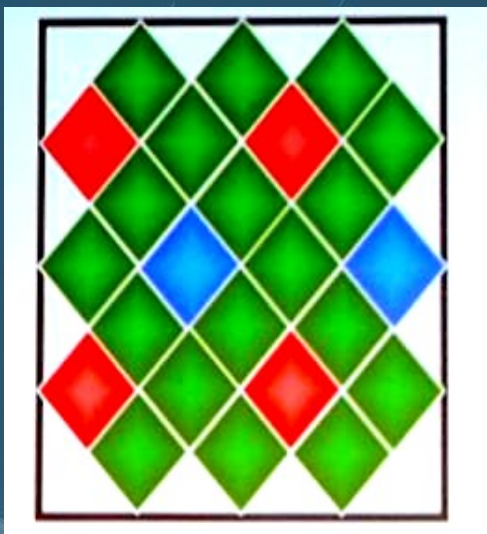
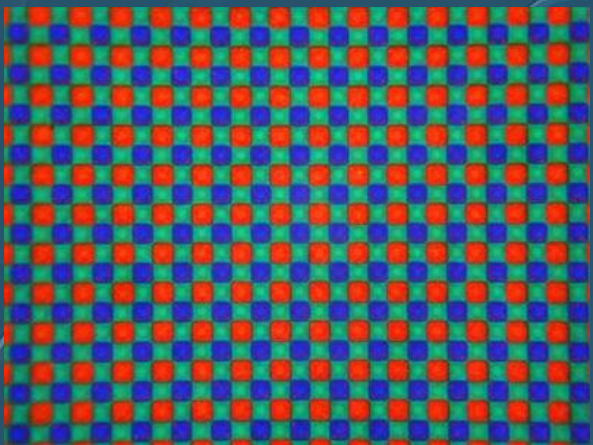


Senzor

- senzor je jádrem každého digitálního fotoaparátu
- když pomineme potíže optiky, tak právě senzor určuje základní parametry a kvalitu obrazu:
 - rozlišení
 - barvy
 - šum (ISO)
 - dynamický rozsah
 - a další



Varianty snímačů



Klasický CMOS/CCD

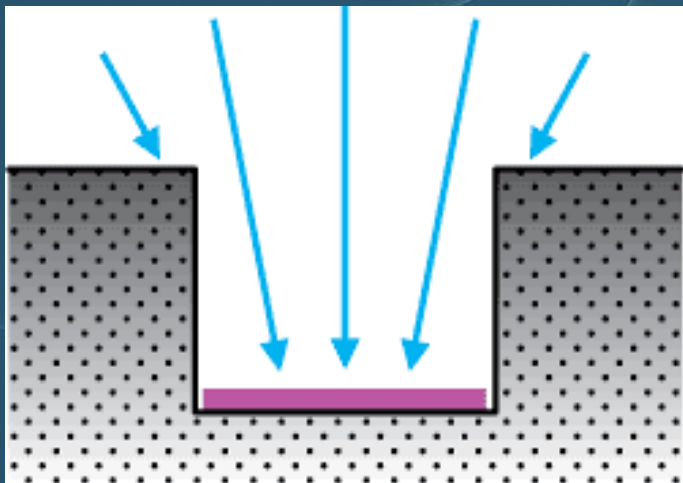
Sony CMOS

FujiFilm Super CCD

- dva typy - **CCD** (charge-coupled device) – pomalejší a dražší
- **CMOS** (complementary metal-oxide semiconductor)
- liší se zejména formou sběru dat (náboje) z jednotlivých buněk

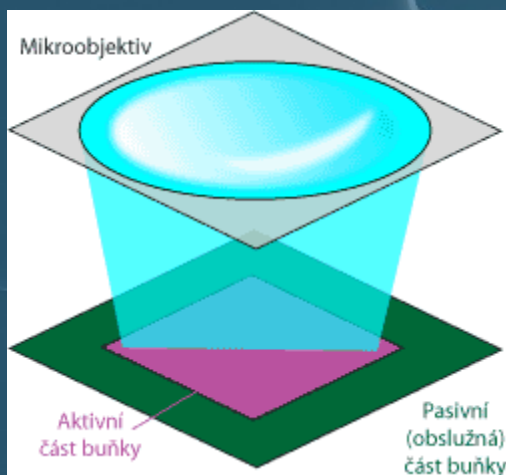
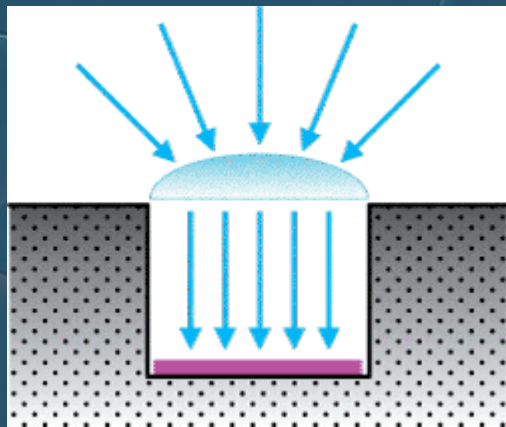
Buňka senzoru

- Senzor je množství světlocitlivých buněk rovnoměrně rozmístěných po ploše senzoru. Buňky však nejsou zcela na povrchu senzoru, nýbrž v malých jamkách. To je jednak vyvoláno technologickými potřebami, ale také to omezuje vzájemné ovlivňování buněk mezi sebou a tím zvyšuje obrazovou kvalitu a omezuje například nechtěný blooming.



Každá buňka senzoru je v jamce, čímž by nemohla zpracovat světlo přicházející ze stran. Buňky také nemohou pokrýt celou plochu oblasti, která je jim teoreticky vyhrazena. „Fill factor“ je pak poměr plochy citlivé části buňky (fotodiody) vůči celkové ploše buňky. Pro vyřešení obou těchto problémů je před senzorem pole mikroobjektivů (microlenses)

Buňka senzoru

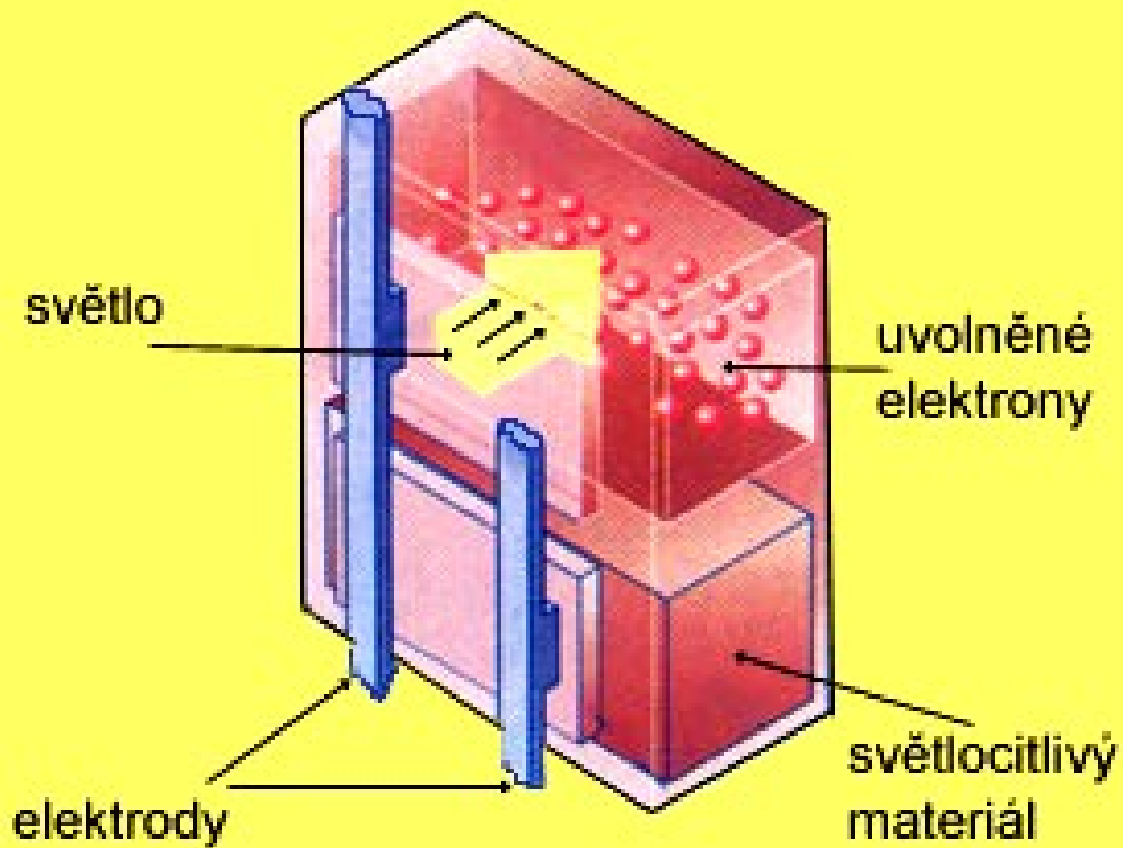


Mikroobjektiv soustředí světlo do "jamky" a tím umožní využít jej beze ztrát.

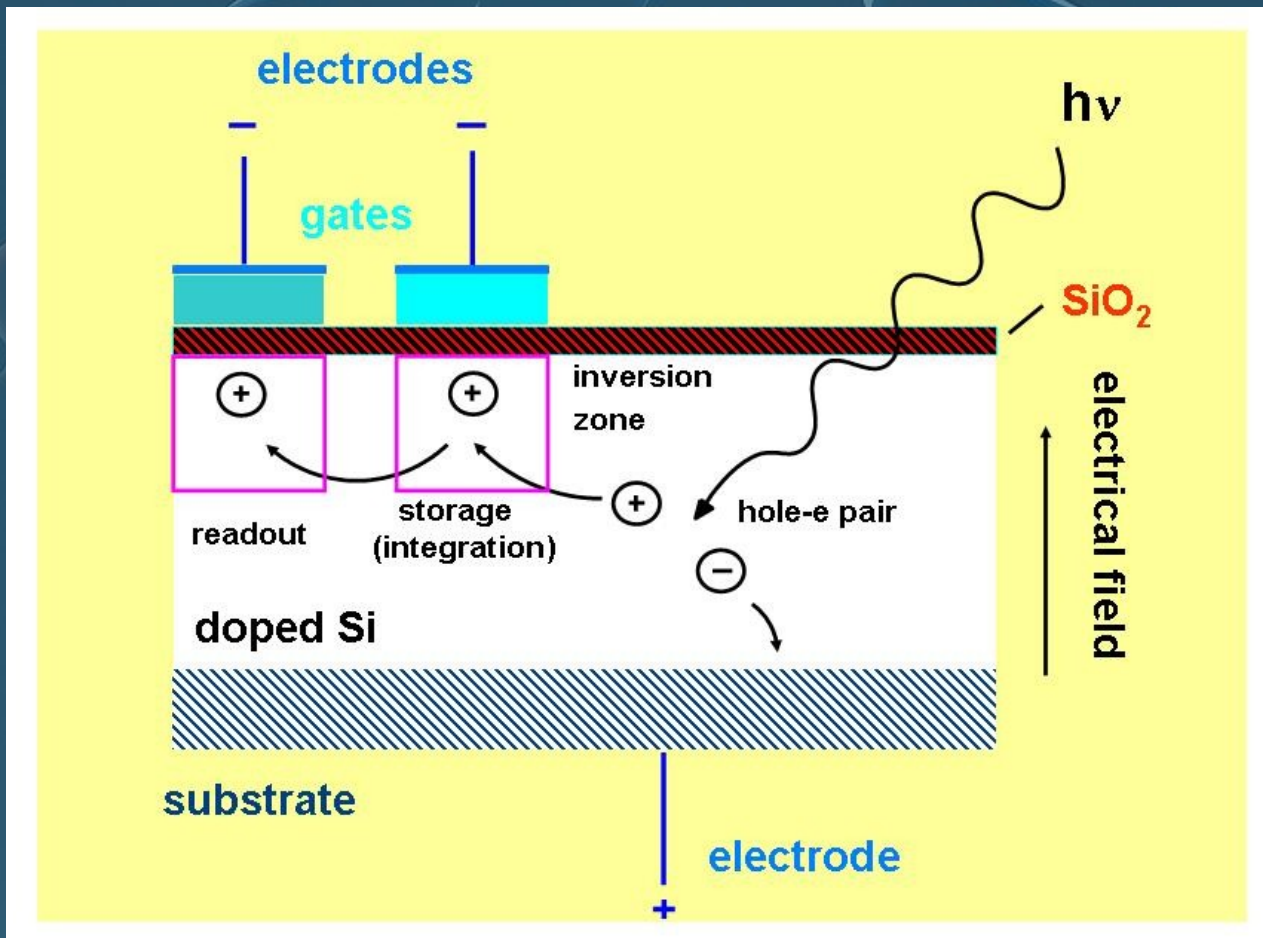
Mikroobjektiv současně soustředí světlo na aktivní plochu buňky (fotodiody), přičemž pasivní část buňky je použita pro obslužnou elektroniku.

Fotodioda – polovodičová P-N dioda citlivá na světlo (světelná energie dopadající na diodu vybudí elektrony do vodivostního pásu a zvyšuje se vodivost diody – vznik signálu)

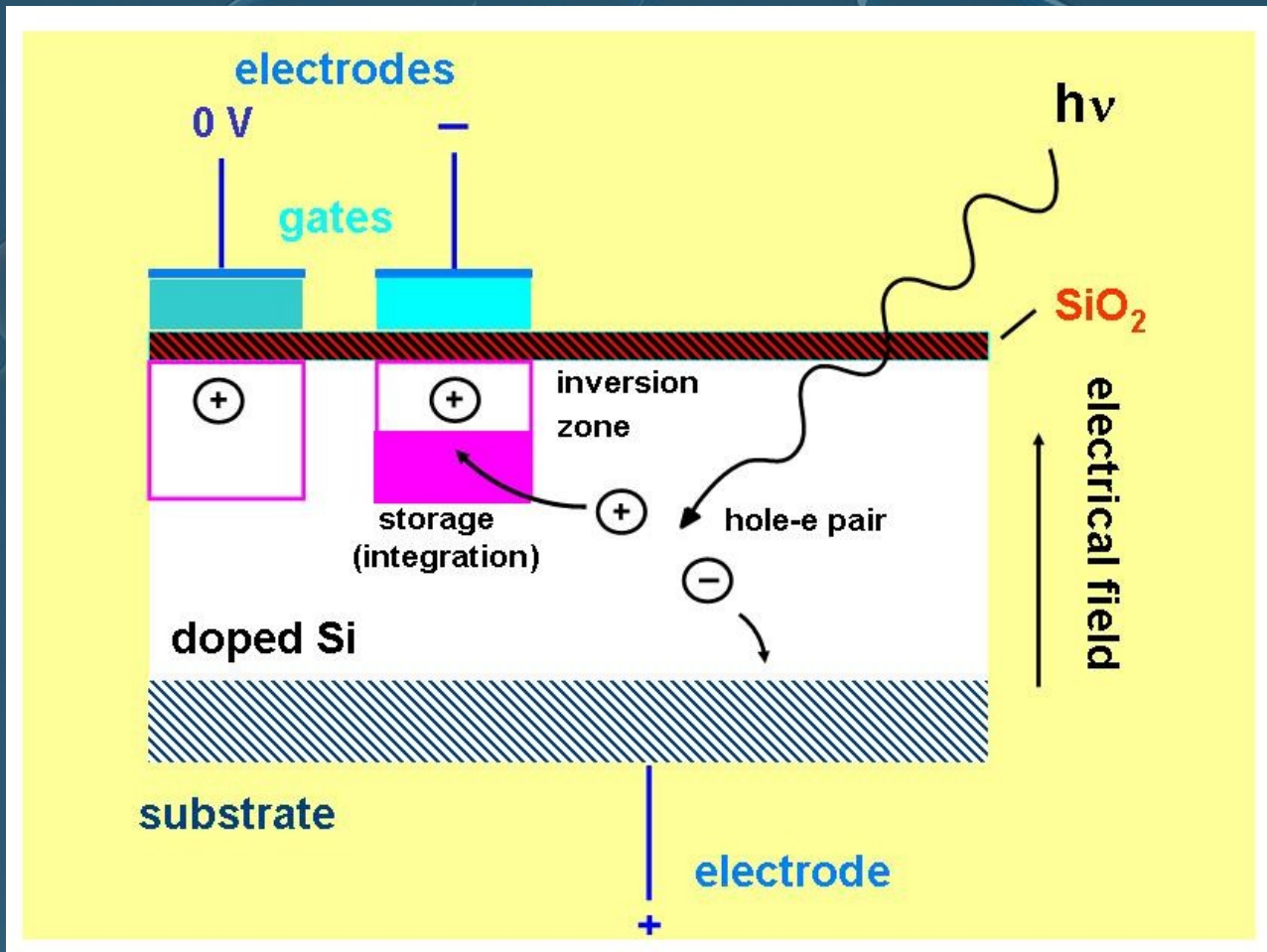
Elementární buňka CCD



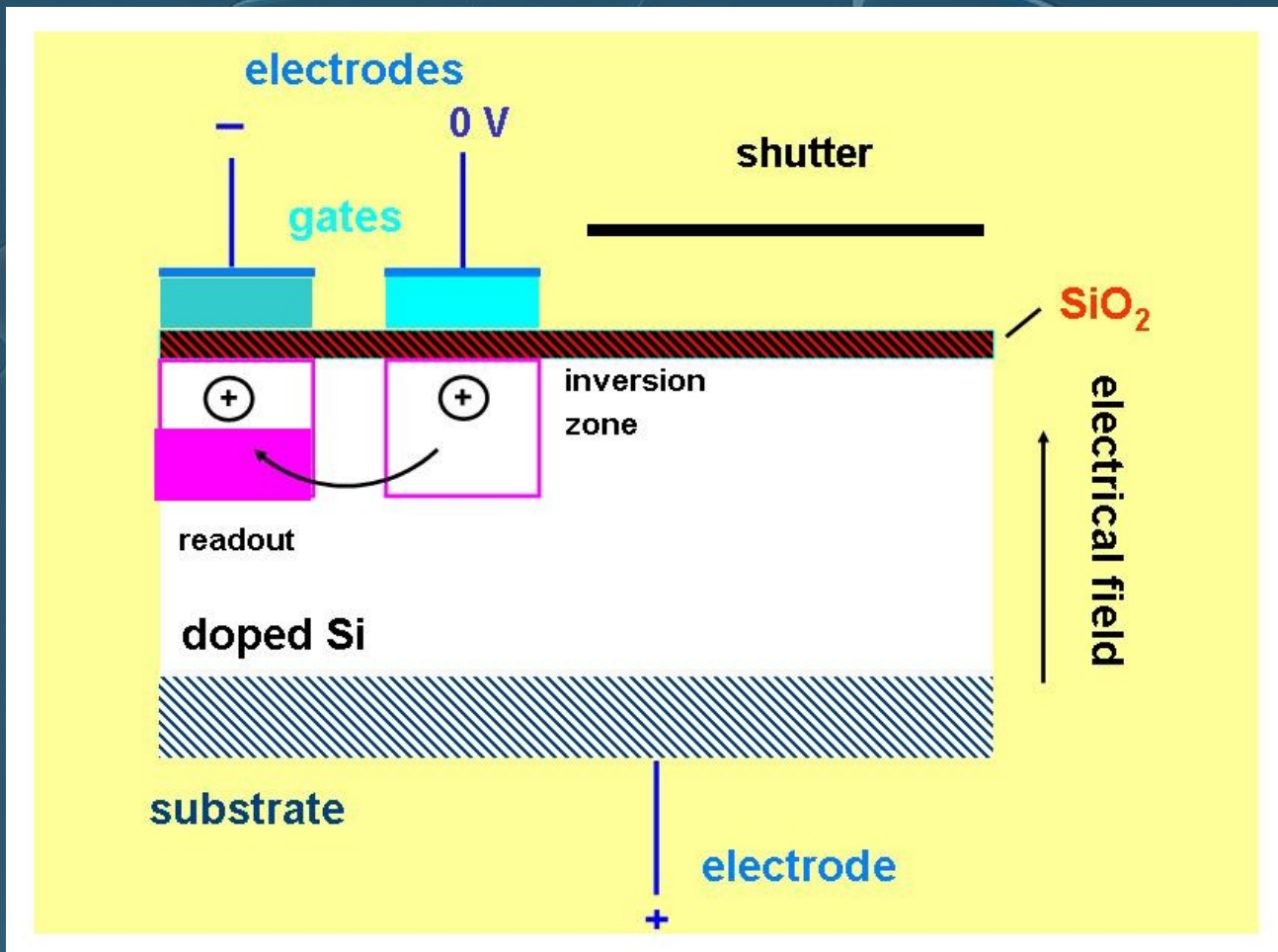
Funkce CCD



Akumulace náboje

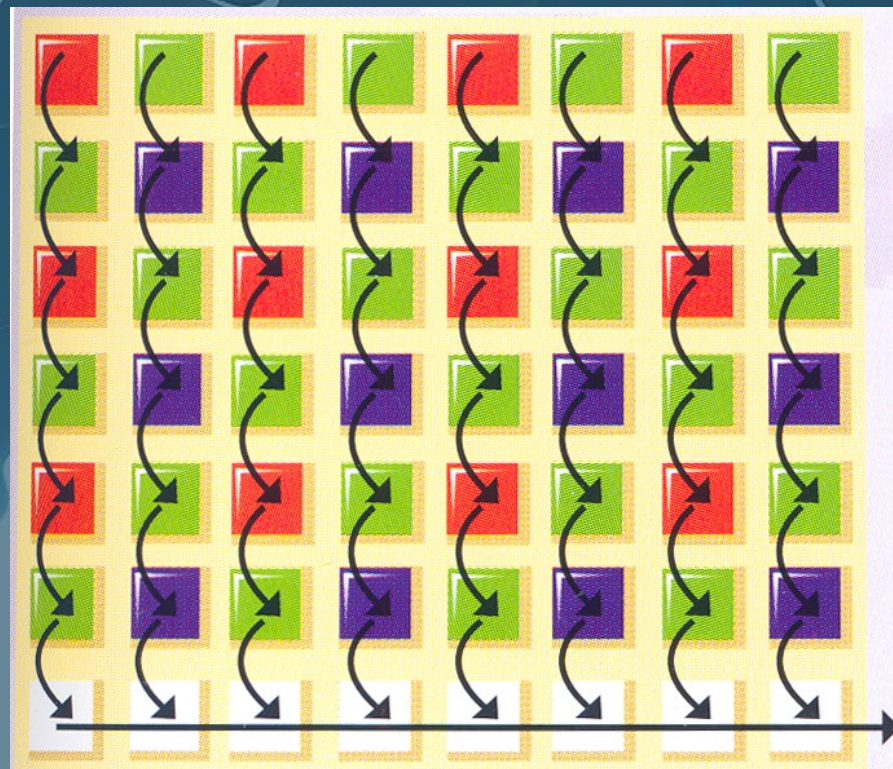


Čtení (přenos náboje)

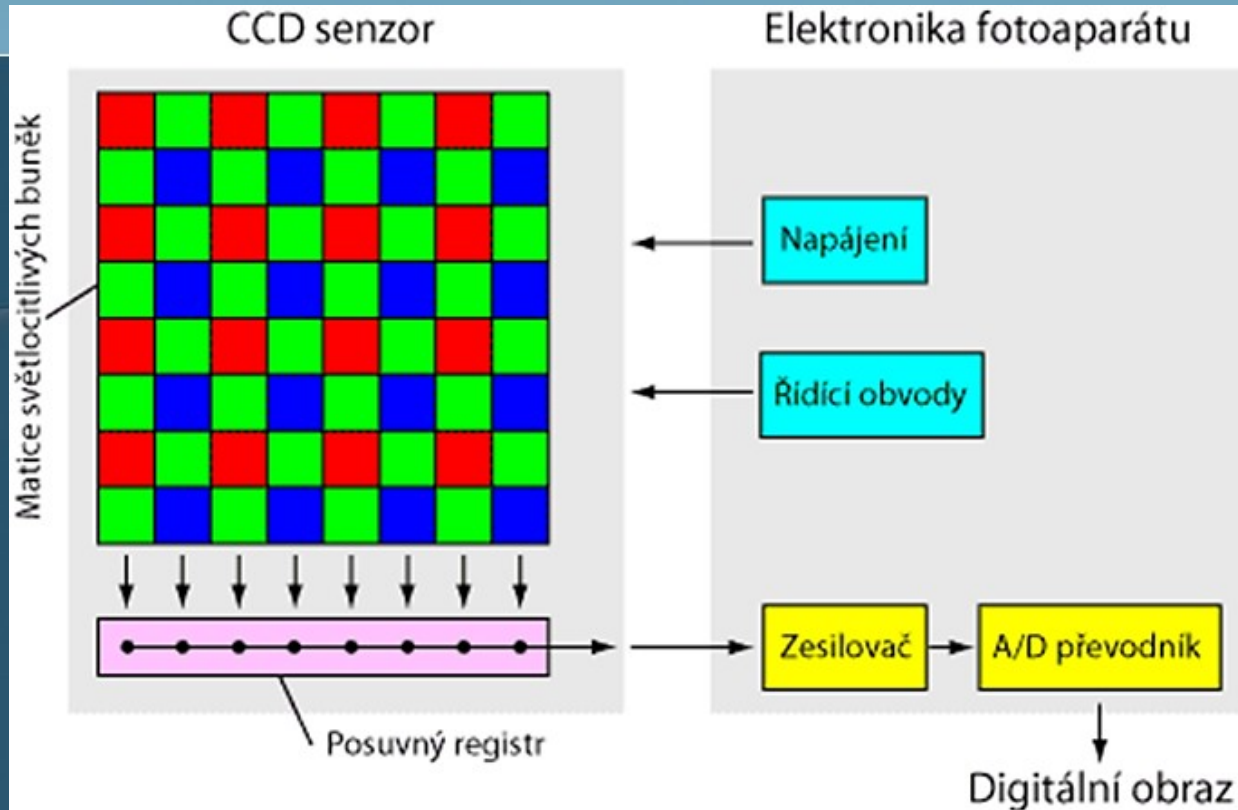


Fotočláňky typu CCD

- CCD – integrovaný obvod s vazbou nábojem (charge-coupled device) je tvořen maticí křemíkových fotodiod. Jednotlivé senzory jsou uspořádány v řadách a postupně po řadách se zpracovávají vzniklé elektrické náboje na jednotlivých senzorech. První řada se načte do paměti, pak do výstupního zesilovače a data jsou pak převedena do digitální podoby.



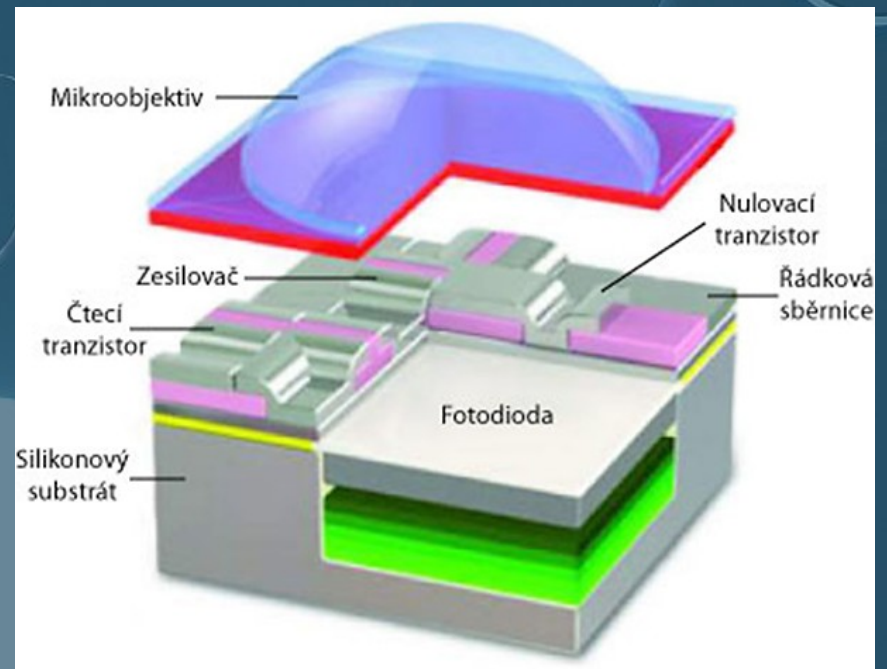
CCD senzor



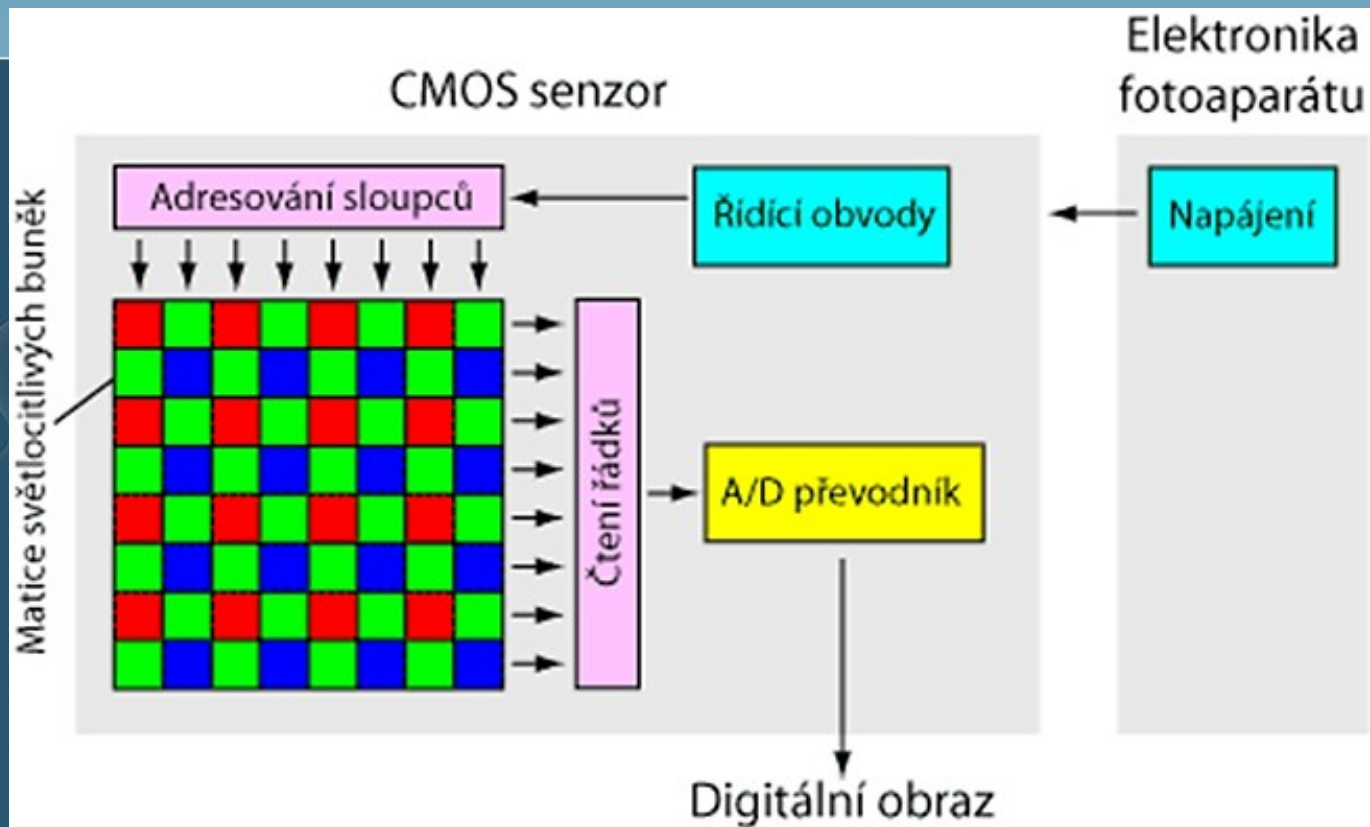
- náboj je **po řadách** odváděn **mimo senzor** a tam zpracován a převeden na digitální (číselný) signál

CMOS detektory

každá elementární buňka má vlastní obvody pro odvedení a měření vygenerovaného náboje. Jednotlivé CMOS buňky pak fungují víceméně nezávisle. Speciální obvody pro každou buňku jsou nutné, neboť je třeba odfiltrovat náhodný (šumový) náboj, který je jiný u každé elementární buňky.



CMOS detektory



- čtení náboje, zpracování a převod na digitální signál se provádí **přímo na senzoru**

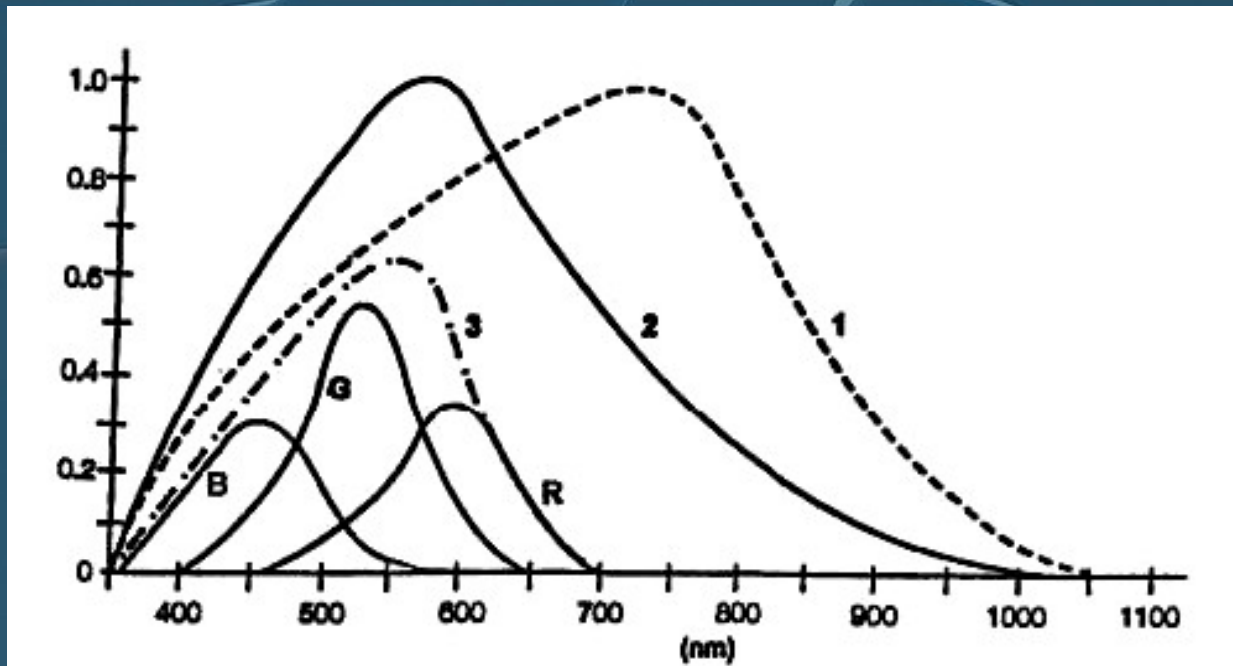


Obrazová buňka snímače

Současné rozměry obrazové buňky dosahují až cca $2 \times 2 \mu\text{m}$. Citlivost je shora omezena nasycením (blooming), zdola šumem. Maximální hodnota clonového čísla $1/f$ je omezena průměrem Airyho disku (důsledek difrakce). Tabulka platí pro barvu 550 nm.

$1/f$	Airyho disk (μm)
1,4	1,9
2,8	3,76
5,6	7,5
8	10,7
11	14,8
22	29,5

Spektrální citlivost fotodiod

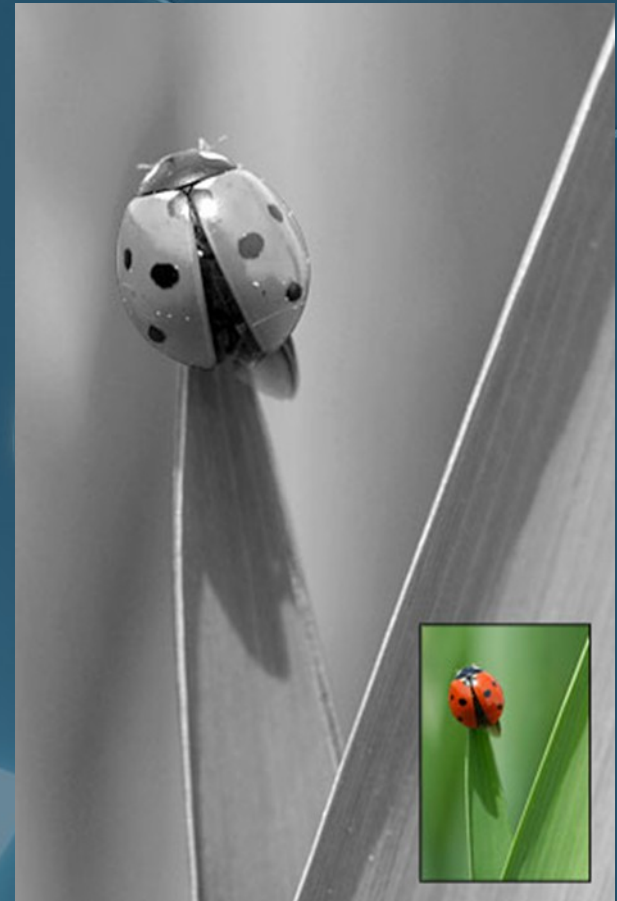


- 1 – snímací prvek CMOS nefiltrovaný
- 2 – snímací prvek CCD nefiltrovaný
- 3 – citlivost detektoru po IR filtraci
- R,G,B – citlivosti po barevné filtraci



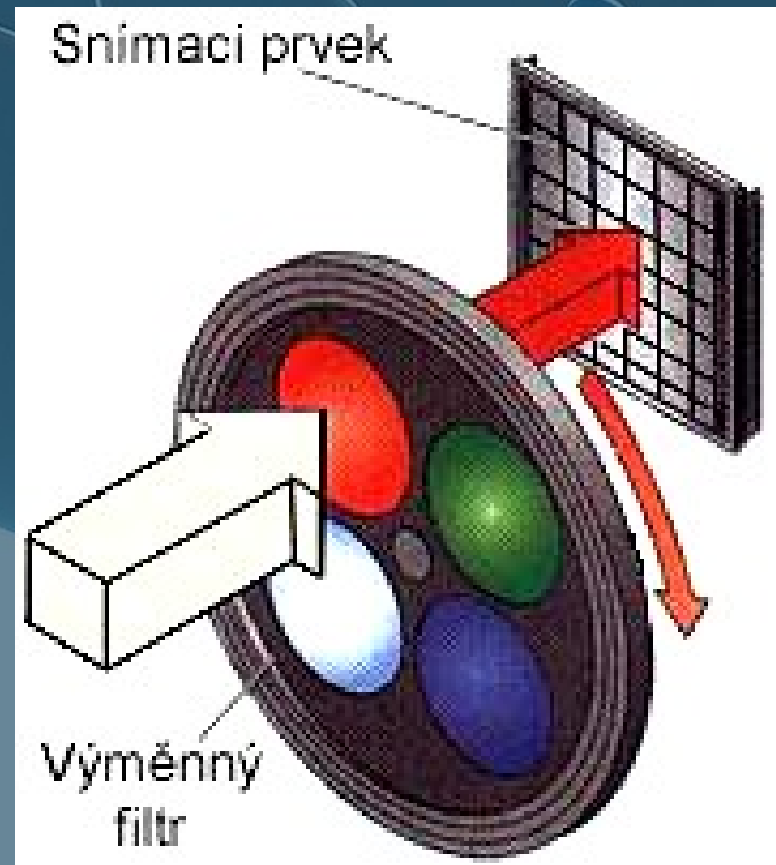
Záznam barev senzorem

- ▣ buňka je však **barvoslepá**, zaznamená pouze jas a tedy intenzitu světla, které na ní dopadne bez ohledu na jeho barvu (zaznamená tedy R+G+B, jinými slovy je jí jedno, zda foton má vlnovou délku červeného světla či modrého, registruje pouze foton)
- ▣ samotný senzor by vytvořil černobílý obraz scény - buňky jsou tedy schopny rozlišovat intenzitu světla (jas), nikoliv však tvar spektra (barvu).



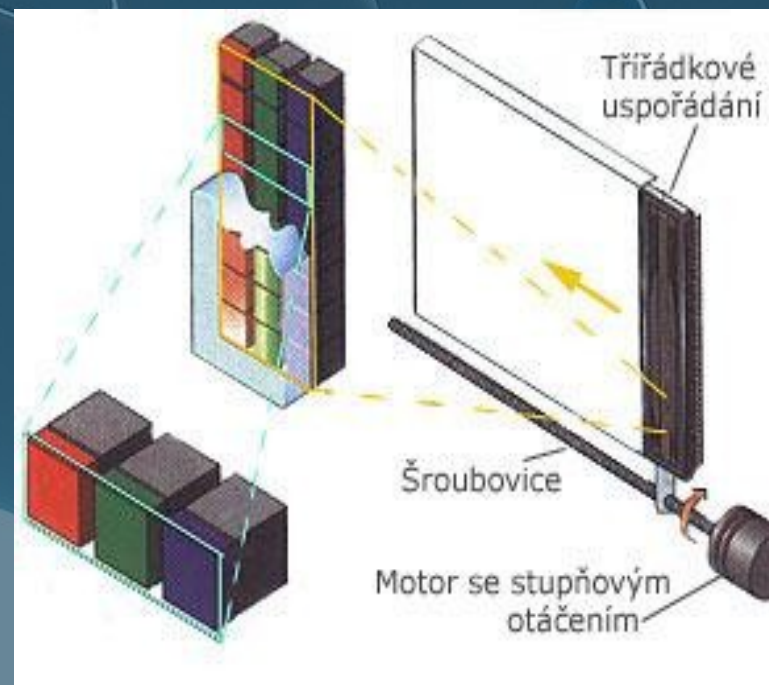
Záznam barev – výměnné filtry

- na senzor je možné promítat obraz postupně přes RGB filtry a výstupní **signály spojit** do výsledného barevného obrazu
- používají některé projektory



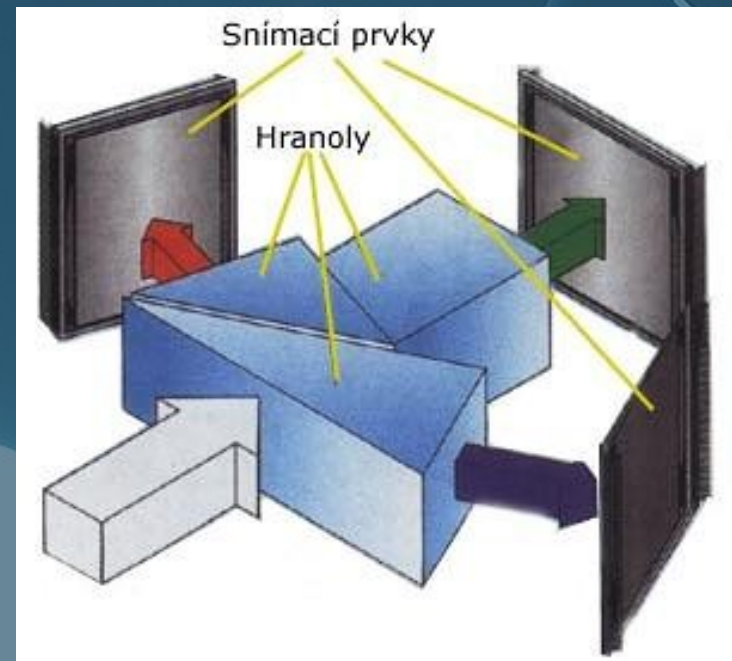
Triliniový snímací prvek

- ▣ barevné skenery a skenovací fotonástroje používají **triliniový** detektor RGB, který se motoricky pohybuje v obrazové rovině a postupně snímá obraz.
- ▣ snadno se dosáhne vysokého rozlišení a barevné hloubky, použitelný je pouze na stacionární scénu.



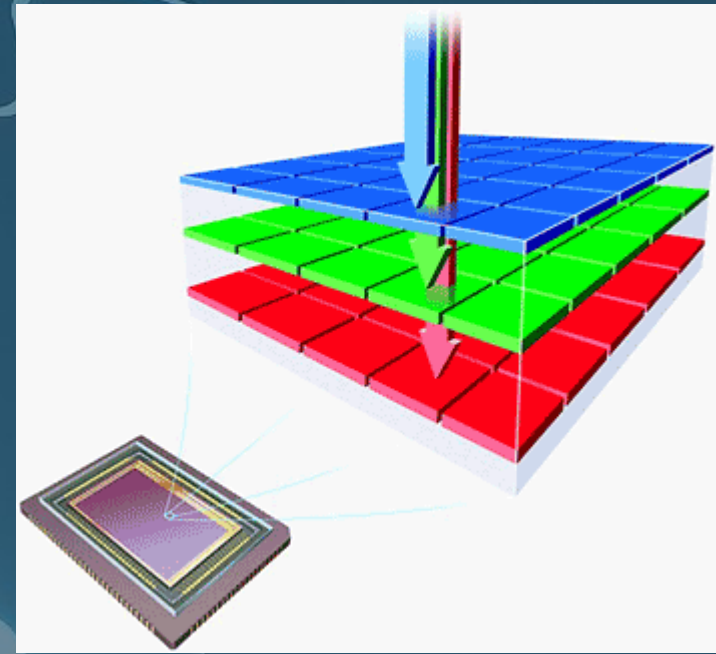
Uspořádání se třemi senzory

- viditelné spektrum je možné dichroitickými zrcadly **rozdělit na složky RGB** tyto samostatně snímat třemi senzory.
- používá se u kvalitnějších video kamer (označované 3CCD)



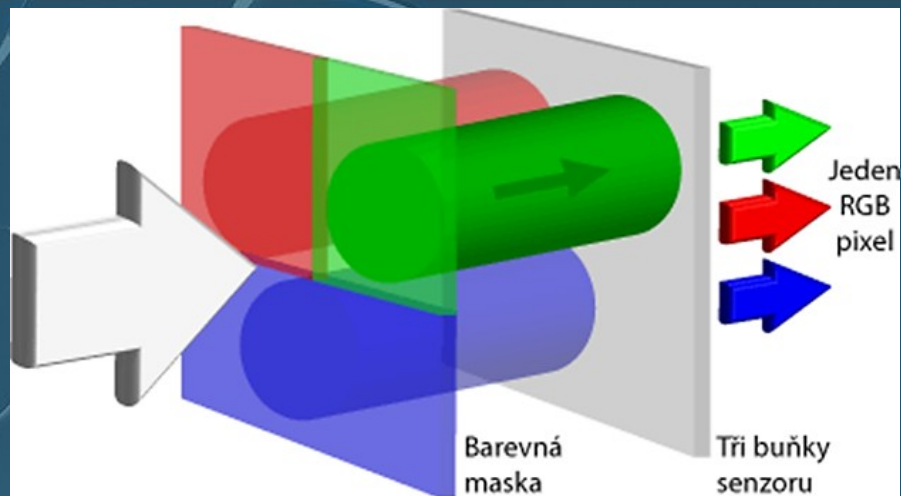
Foveon

- CMOS senzor typu Foveon X3, (Foveon, Inc) používá ve svých DSLR společnost Sigma a společnost Polaroid.
- celý senzor se skládá ze tří senzorů uspořádaných do vrstev pod sebou, kde každá vrstva (senzor) měří jen světlo určité barvy
- vhodná barevná prostupnost vrstev zajišťuje, že každá vrstva měří jen světlo modré, zelené a červené barvy (podobně jako sítnice oka) - díky tomu není třeba provádět žádnou interpolaci obrazu.



Barevná maska (Color filter array, CFA)

Jeden pixel fotografie nemůže tvořit jedna buňka, nýbrž potřebné jsou tři a před tyto tři buňky se umístí červený, zelený a modrý filtr. Tyto tři buňky potom společně vytvoří jeden pixel fotografie a protože každá buňka z trojice vidí jen správnou R, G nebo B barvu, tak vytvoří napodobeninu lidského způsobu vidění a vnímání barev. Tato mozaika barevných filtrů se nazývá barevná maska (Color filter array, CFA) a logicky barvy v masce by měly být blízké lidskému sondování spektra a tedy barevné citlivosti čípků sítnice.



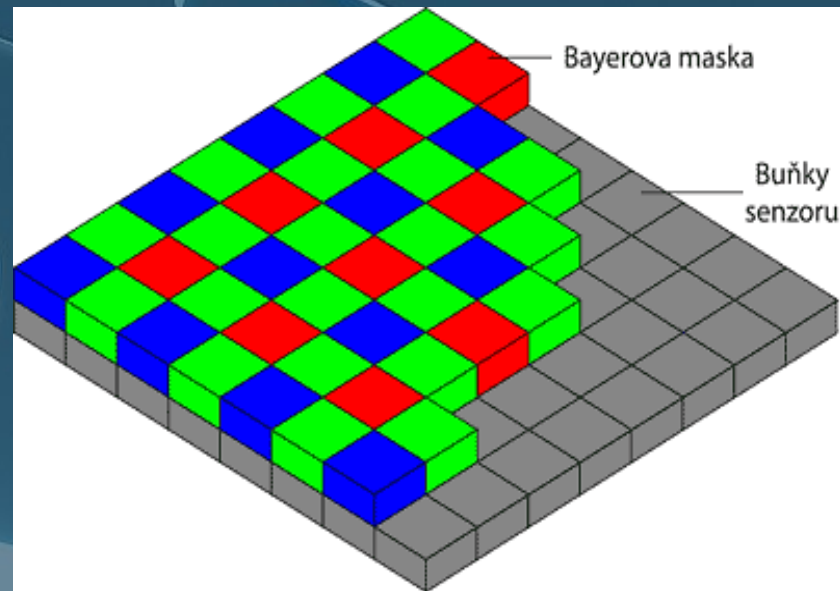
Na tři sousední buňky senzoru dopadá díky filtru před senzorem jen zelená, červená a modrá složka světla, čímž senzor provede stejnou sondu spektra jako lidské oko - vidí tedy barevně. Tím vzniknou i tři RGB čísla potřebná pro jeden barevný pixel fotografie.

Bayerova maska (Bayer filter)

Mít pro každý pixel fotografie tři buňky senzoru je zbytečné, protože rozlišovací schopnost oka v barvách je nižší než v jasů. Přišlo se tedy s trikem tzv. Bayerovy masky, která je dnes používána v drtivé většině digitálních fotoaparátů i kamer.

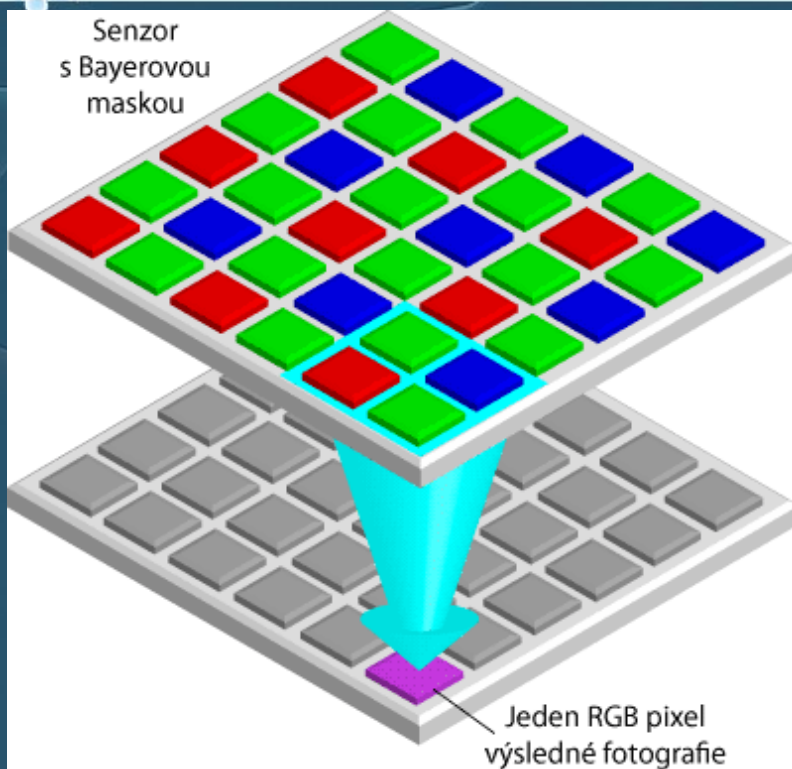
Princip je v tom, že před pixely senzoru jsou umístěny pravidelně se střídající barevné RGB filtry. Každý pixel fotografie je vypočten ze čtyř sousedních buněk, které díky barvám v masce mají vždy úplnou RGB informaci.

Úplná barevná informace je tedy pro každou buňku získána interpolací na základě barev čtyř sousedních buněk. Výsledkem je, že každý pixel fotografie potřebuje jen jednu buňku (neklesá tedy zbytečně rozlišení senzoru na třetinu), každá buňka senzoru je ale použita vícekrát pro doplnění barevné informace svých sousedů.

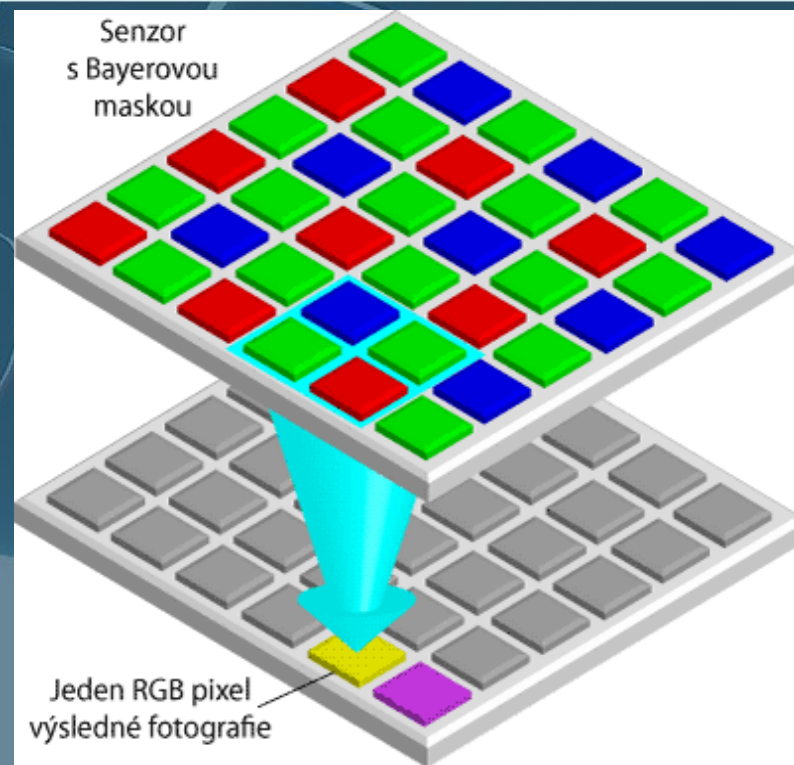


Bayerova maska je typicky se střídající zelený, modrý a červený filtr před buňkami senzoru.

Interpolace



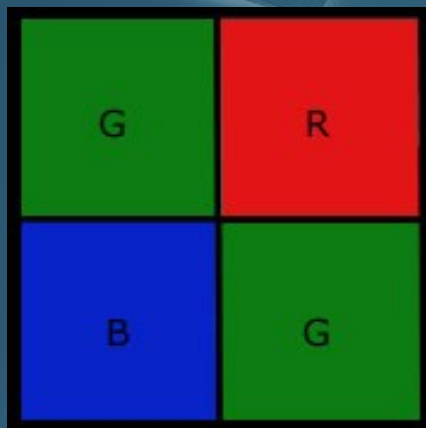
Každý barevný RGB pixel fotografie není získán z buněk senzoru přímo, nýbrž interpolací ze čtyř sousedů.



Následující pixel fotografie je vypočten ze čtyř sousedních buněk posunutých jen o jednu buňku a proto je každá buňka senzoru použita celkem pro čtyři pixely a tedy 4x.

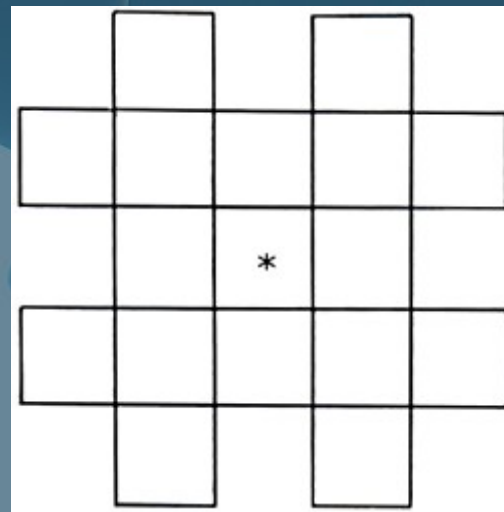
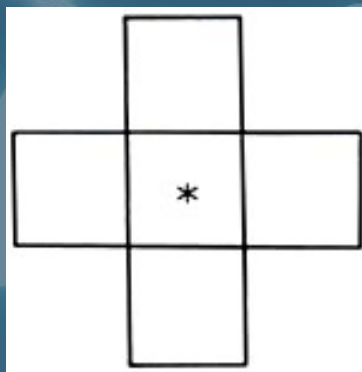
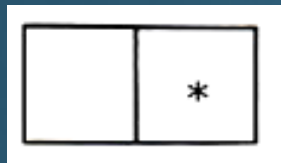


Používané barevné mozaiky



Interpolace

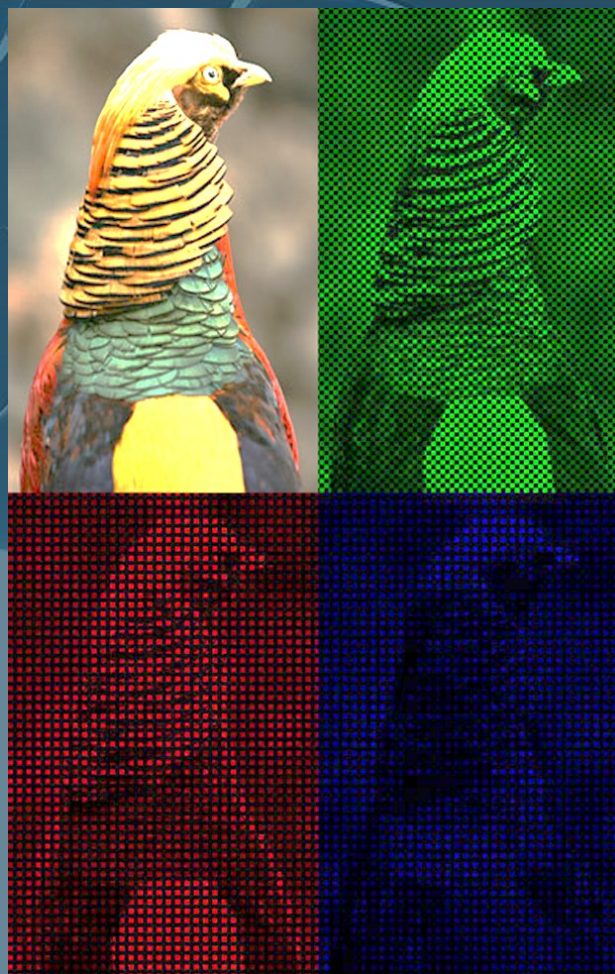
- Interpolací je stávající rastr obrazových bodů sejmutých v relativně nízkém rozlišení, doplňován v mezilehlých sloupcích a linkách. Odstín nově dopočítaných bodů vždy leží mezi dvěma sousedními čidlem změřenými body.
- Schémata nejběžnějších matematických interpolací (* se dopočítávají):



Důsledky Bayerovy masky a následné interpolace

System s Bayerovou maskou šetří buňky senzoru a dá se díky němu z 12 Mpix černobílého senzoru vytvořit 12 Mpix barevná fotografie. Kdyby tomu tak nebylo a na každý pixel by byly potřeba tři buňky, tak by 12 Mpix černobílý senzor produkoval pouze 4 Mpix barevnou fotografii.

Co skutečně vidí senzor? Vidí vždy buď pouze barvu červenou nebo zelenou nebo modrou. Nikdy ne všechny současně. Rozlišení senzoru v červené a modré je jen čtvrtinové, díky dvojnásobnému zastoupení zelené barvy v masce je v zelené poloviční. Interpolace se neobejde bez následků, kterými jsou ztráta detailů v barvách, barevný šum, aliasing, rozostření, bludiště, halo efekt atd.



Simulace toho, co vidí z originálu senzor s Bayerovou maskou. Díky dvojnásobnému počtu zelených buněk v masce je zelený obraz nejjasnější a Má nejvyšší rozlišení, tj. vidí nejvíce detailů.

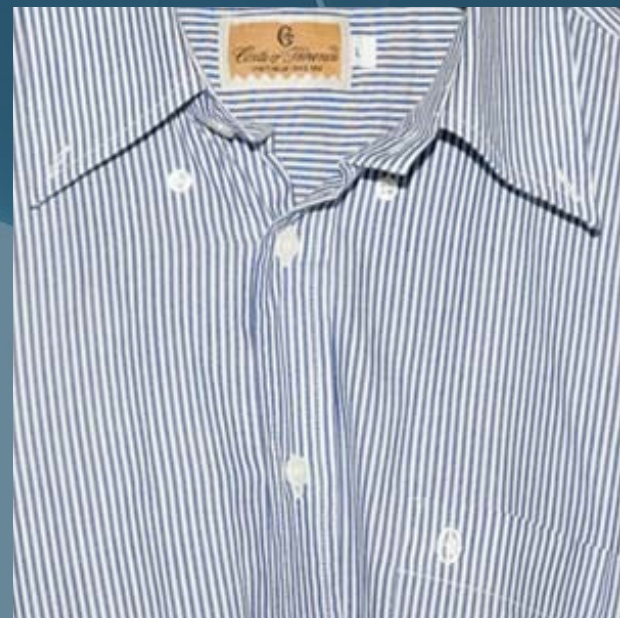


Aliasing

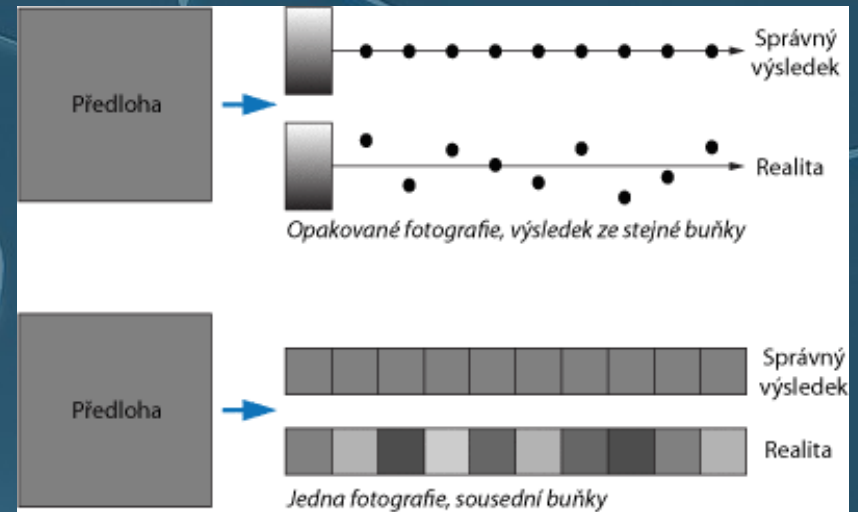
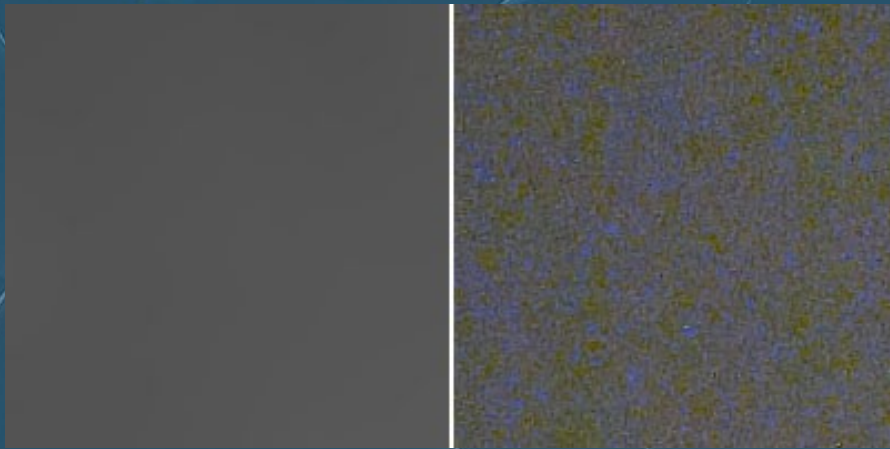
- **Aliasing** je jev, ke kterému může docházet v situacích, kdy se spojitá informace převádí na diskrétní (nespojitou).
- Aby nedocházelo k aliasingu, musí být vzorkovací frekvence větší než dvojnásobek nejvyšší frekvence harmonických složek obsažených ve vzorkovaném signálu - tzv. Shannonův teorém
- Počet bodů snímače na délkovou jednotku být minimálně dvojnásobkem maximálního počtu čar, které budou na tutéž délkovou jednotku promítnuty optikou kamery. Pokud toto není dodrženo, dochází k aliasingu, který se projevuje takzvaným barevným moaré

Moaré

- proužkovaná košile vyfotografovaná tak, aby hustota proužků promítnutých na snímač byla větší než polovina hustoty buněk snímače (typický aliasing).
- tatáž košile vyfotografovaná tímtež aparátem zblízka tak, aby hustota proužků promítnutých objektivem na CCD byla výrazně nižší než hustota jeho buněk.

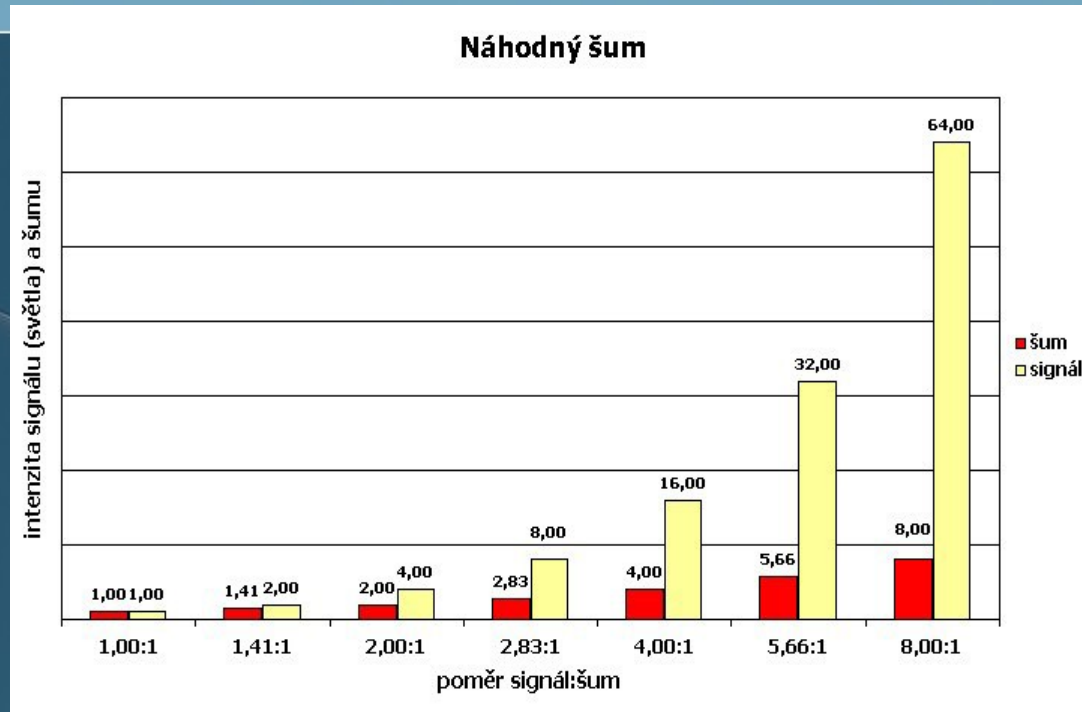


Digitální šum



- šumem více nebo méně trpí každý snímač (větší snímač = méně šumu, menší rozlišení = méně šumu)
- šum se **zvyšuje** - zvýšení citlivosti ISO
 - dlouhé expoziční časy (sekundy)
 - necitlivé softwarové úpravy (dostřování, zesvětlování)

Digitální šum



- vysoká úroveň šumu na snímku může silně omezit **rozlišení detailů**, snížit **ostrot hran** a celkový **kontrast** obrázku (tmavé plochy se díky šumu zesvětlí a světlé se ztmaví) i poškodit vnímání ploch a **přechodů**



Digitální šum

výsledná hladina šumu je složen z několika **příspěvků**:

- náhodný šum – detekce malého počtu částic, malé náboje a energie, kvantování
- temný šum – tepelně generovaný v součástkách i při expozici
- resetovací šum – kvantizace náboje (světla) nezačíná na stejné hodnotě
- zesilovací šum – při zesilování signálu (vysoké ISO)
- kvantizační šum – nepřesnosti při odečtu spojitě hodnoty na nespojitou
- šum s pevným vzorkem – výrobní chyby senzoru (nestejně velikosti buněk apod.)
- šum dlouhé expozice (hot pixels) – tepelný šum daný dlouhým osvitem

- některé příspěvky lze **omezit** nebo **odstranit**:

pevný vzorek – chybné buňky lze odečíst z referenčního snímku při zavřené závěrce (dark frame)

dlouhé expozice – referenční snímek nebo retuš vadných pixelů

zesilovací šum – používání nízkých hodnot ISO (světelné objektivy, stativ...)

nevystavovat vysokým teplotám (tepelný šum)



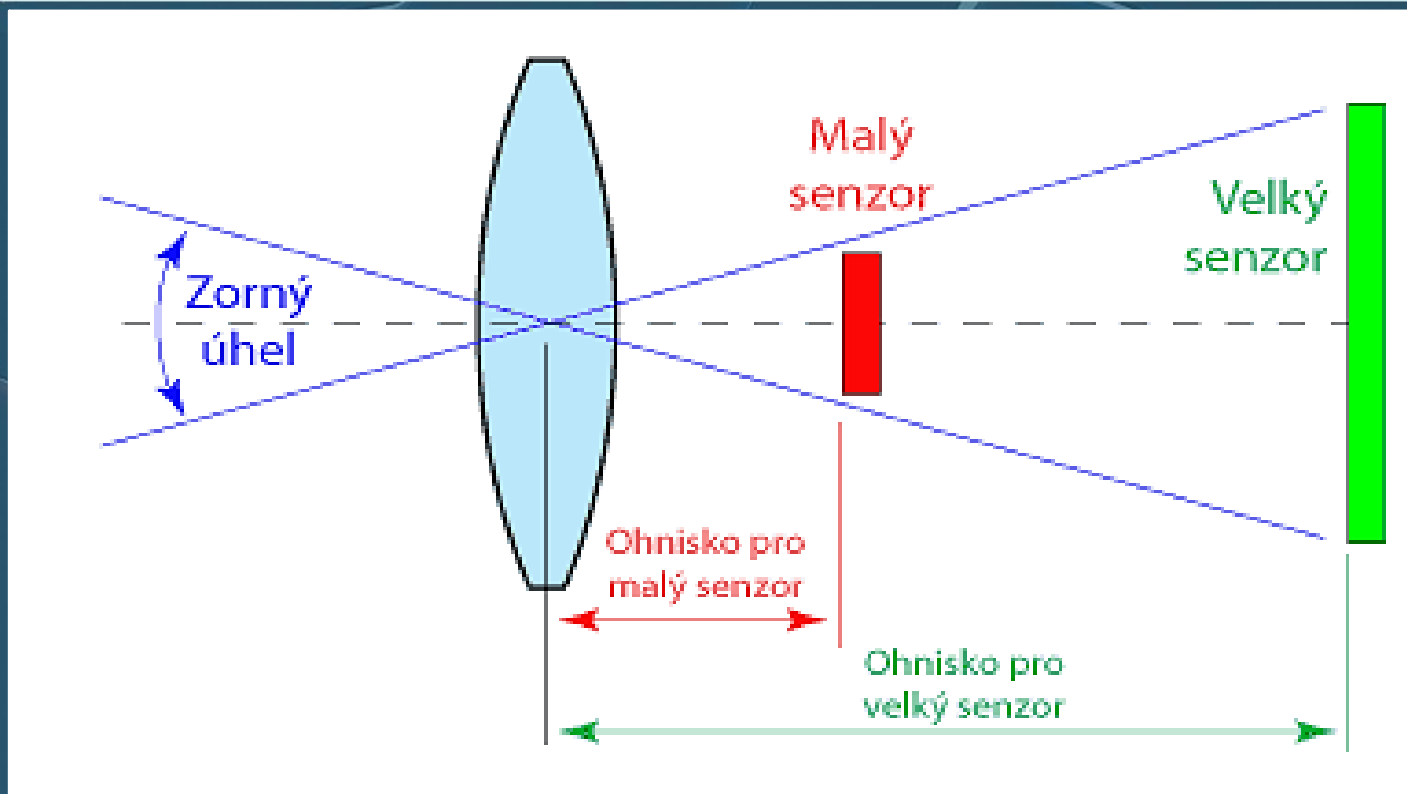
Digitální šum

- omezení příspěvků dané konstrukcí senzoru a elektroniky vyžaduje použití kvalitnějších a dražších materiálů a technologií (vysoká cena profí přístrojů)
- šum se odstraňuje aplikací **odšumovacích algoritmů** (v aparátu nebo v post-processu)
 - nepřiměřená aplikace těchto algoritmů má za následek **ztrátu detailů**
- vysoké hodnoty ISO neovlivňují jen hladinu šumu, ale i **další parametry** jakými jsou dynamický rozsah senzoru nebo podání barev (barevná hloubka)





Velikost senzoru



Velký senzor potřebuje pro dosažení stejného zorného úhlu objektiv s delší ohniskovou vzdáleností. Delší ohnisková vzdálenost ale dělá objektiv větší, těžší a dražší. S prodlužováním ohniska objektivu také klesá hloubka ostroty.



Velikost senzoru

Výrobce/zástupce	Senzor	Rozměr [mm]	Poměr stran	Plocha [cm ²]
Středoformátové fotoaparáty		48.0 x 36.0	4:3	17.28
Full frame (kinofilm)	FF, FX	36.0 x 24.0	3:2	8.64
Nikon, Sony	DX	23.6 x 15.8	3:2	3.73
Canon	APS-C	22.2 x 14.8	3:2	3.29
Olympus	4/3"	18.0 x 13.5	4:3	2.25
Fujifilm FinePix S100fs	2/3"	8.8 x 6.6	4:3	0.58
Fujifilm FinePix F200EXR	1/1.6"	7.8 x 5.8	4:3	0.45
Panasonic Lumix DMC-TS1	1/2.3"	6.2 x 4.6	4:3	0.29
Kodak EasyShare M763	1/2.5"	5.7 x 4.3	4:3	0.25

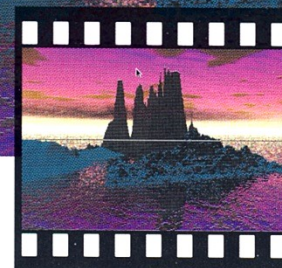
Příklady velikosti některých senzorů používaných v dnešních středoformátových fotoaparátech (šedě), DSLR (žlutě) a kompaktních fotoaparátech (fialově).

Formáty senzorů

Full (24x36 mm) 864 mm²
APS (24x16 mm) 384 mm²
4/3" (17,8x13,4 mm) 239 mm²
1" (12,8x9,6 mm) 123 mm²
2/3" (8,8x6,6 mm) 58 mm²
1/1,7" (7,5x5,6 mm) 42 mm²
1/2" (6,4x4,8 mm) 31 mm²
1/3" (4,8x3,6 mm) 17 mm²
1/4" (3,2x2,4 mm) 7,7 mm²



Film formátu
6x7 cm



pětatřicetimilimetrový
film
36 mm x 24 mm



senzor o úhlopříčce
délky dvou třetin
palce
8,8 mm x 6,6 mm

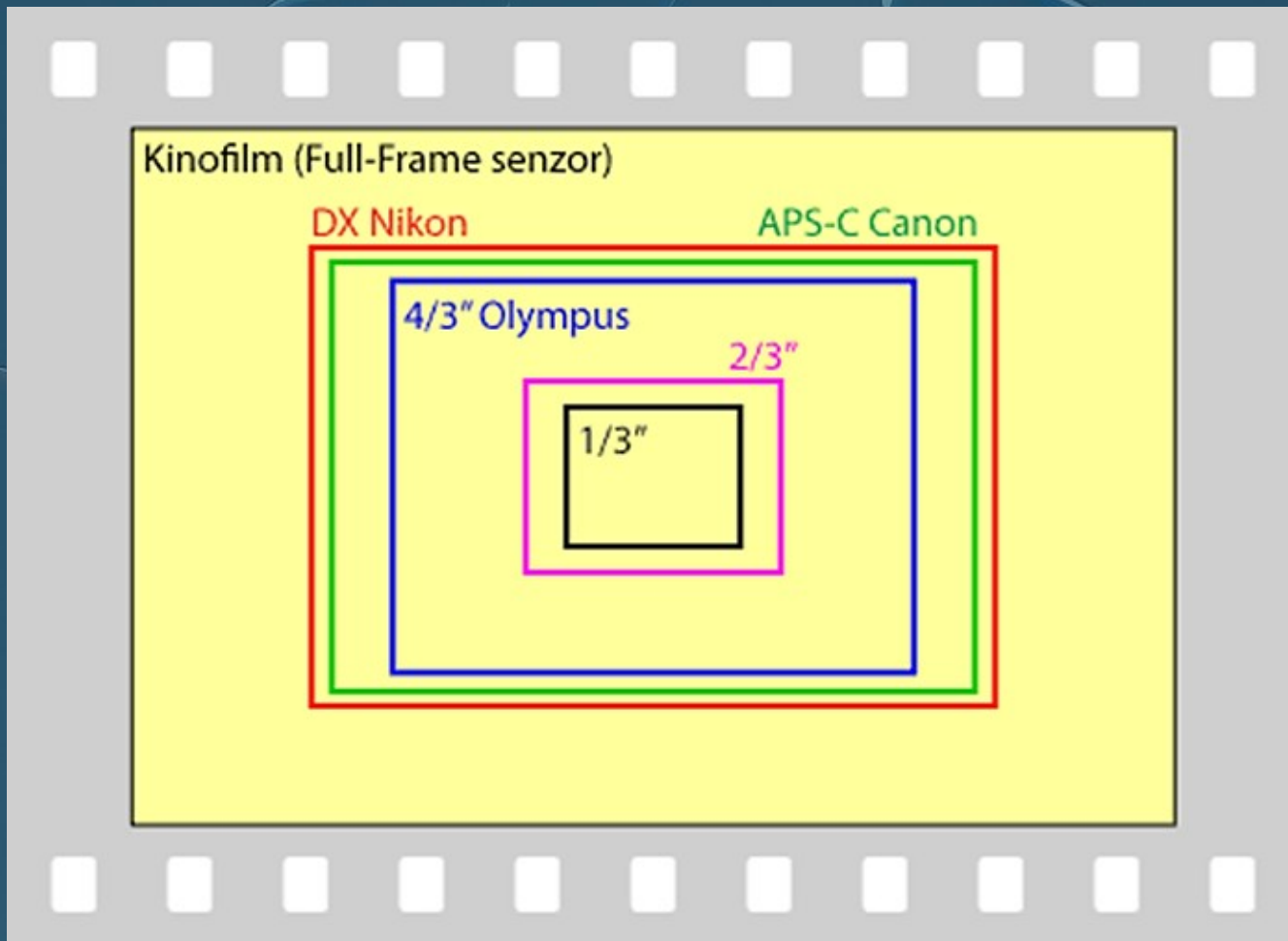


senzor o úhlopříčce délky
jedné poloviny palce
6,4 mm x 4,8 mm



senzor o úhlopříčce délky
jedné třetiny palce
4,8 mm x 3,6 mm

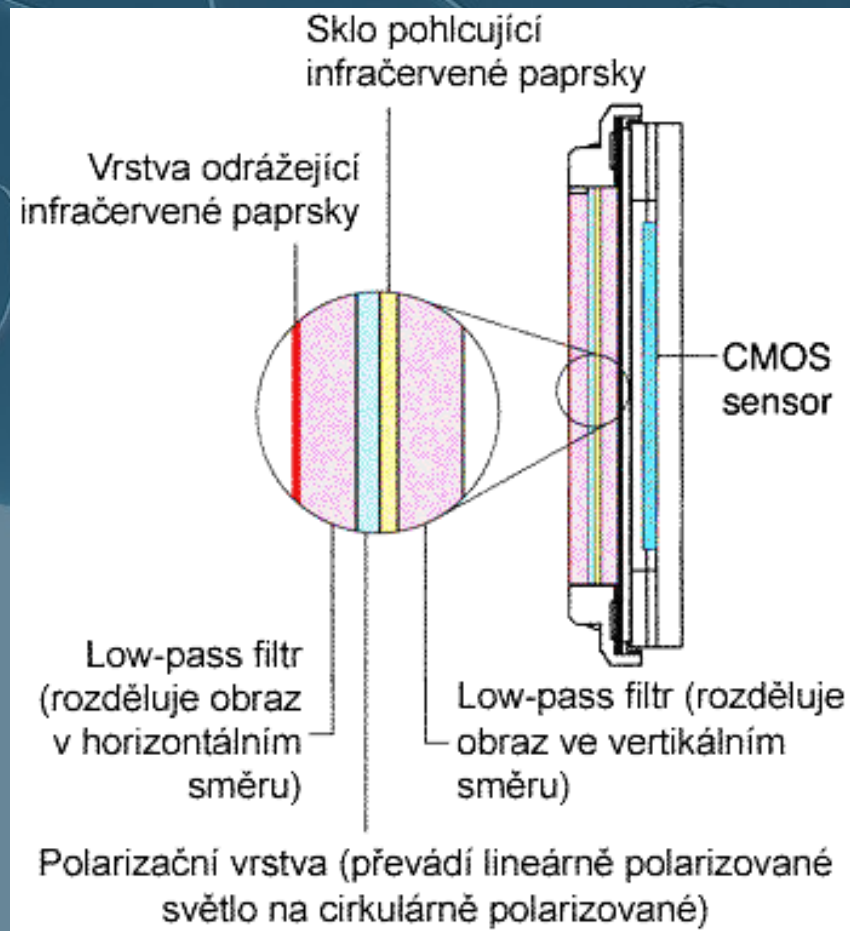
Formáty senzorů



Senzorové filtry

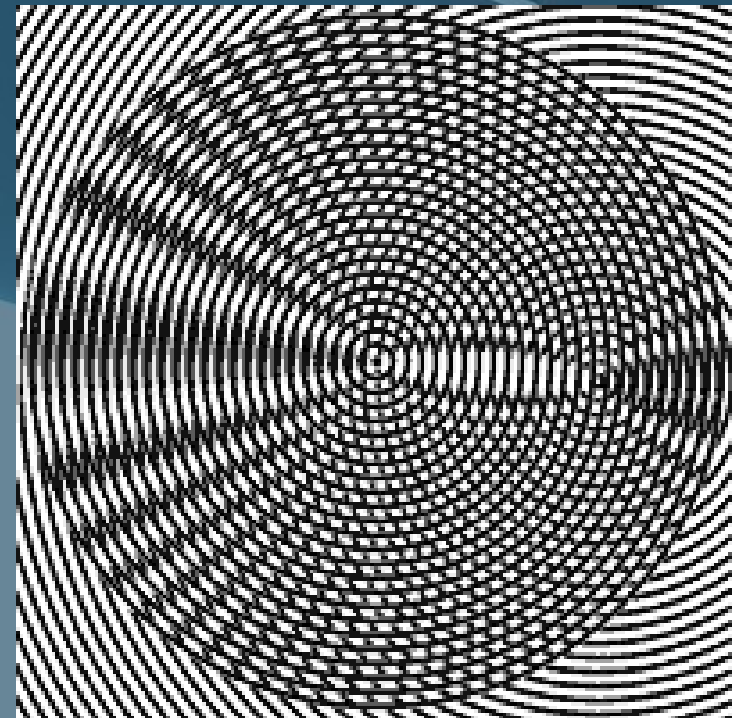
System filtrů před vlastním senzorem slouží hlavně k odfiltrování nežádoucích složek spektra a k odstranění moiré

Příčina moiré je v pravidelné mozaikové struktuře pixelů na senzoru. A pokud se zaznamenává pravidelný vzorek senzory uspořádanými též do pravidelného vzorku podobné velikosti, vznikne moiré - různé barevné či černobílé interferenční vzorky



Low-Pass filtr

- Filtr před senzorem obsahuje i tzv. "Low-Pass Filter", který sice snižuje podání detailů (funguje jako filtr typu dolní propust) ale zabraňuje právě vzniku moiré. Film tento problém nemá, protože struktura světlocitlivých zrn je vysloveně náhodná a zrna mají i různou velikost a nejsou tedy uspořádána do žádné pravidelné struktury.
- Ukázka moiré efektu při interferenci dvou jednoduchých systémů soustředných kruhů





Záznam obrazových dat

- interní paměť zabudovaná – buffer
(pro vnitřní potřeby zpracování obrazu)
- výměnné paměťové karty typu Flash, SD
(tento typ pamětí nevyžaduje pro uchování dat napájení),
záznamové kapacity až 256 Gb
- pevný disk počítače, příp. přenosný HDD
(obrazová banka)



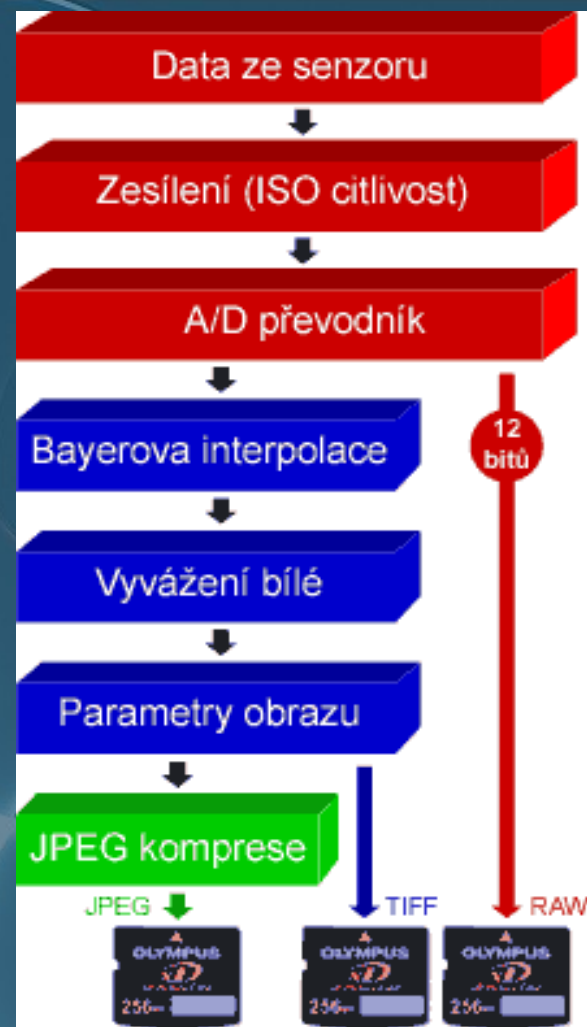
Kompresce dat

- **Bezztrátové kompresní** algoritmy pro obrazové soubory jsou např. matematické postupy označené zkratkou LZW nebo RLE odstraňují redundantní informace (př. při popisu stejnoměrně zbarvené zelené plochy 100x100 pixelů místo zápisu 10000 stejných hodnot zelené (TIFF) zapíšeme 100x100 zelená (LZW))
- **Ztrátové kompresní** algoritmy omezují počet informací za cenu snížení kvality obrazu. Obvykle využívají vlastností lidského oka, např. že oko není schopno rozeznávat barvy v malých detailech obrazu. Poměr původního a zkomprimovaného objemu dat se nazývá **kompresní poměr**.

Formáty zápisu obrazových dat



Digitální fotoaparáty nabízejí ukládání digitálních dat v různých formátech. Nejběžnější jsou JPEG, TIFF a RAW. Znat výhody a nevýhody jednotlivých formátů je důležitým základem pro práci s digitálními obrazy



Zpracování dat ve fotonpřístroji





TIFF (Tag Image File Format)

- TIFF funguje tak, že pro každý jednotlivý bod se v tomto formátu ukládají tři hodnoty základních barev RGB. Velikost paměti, kterou pak daný bod zabere, záleží na barevné hloubce. Ve srovnání s JPEGem bez problému zabere až desetkrát více paměti. Výhodou TIFFu je, že mu rozumí většina obrazových editorů. Použití TIFFu jako bezeztrátového formátu má smysl pouze tehdy, pokud trváte na 100% zachování i nejdrobnějších detailů snímku. Podobný formát je BMP (Windows).



Výhody TIFF

- Díky kontejnerovému formátu a tagům disponuje vysokou variabilitou možností a použití.
- Variabilní barevná hloubka (1 bit, 8 bitů, 24 bitů, 48 bitů a další) a variabilní barevný režim.
- Možnost uložení zcela bez komprese, s bezeztrátovou kompresí i se ztrátovou kompresí typu JPEG.
- Široce podporovaná průhlednost včetně plynulé průhlednosti pomocí alfa kanálu.
- Možnost uložit ořezovou cestu.
- Podpora uložení Exif.
- Podpora uložení ICC profilů pro správu barev.
- Možnost uložení více stránek a/nebo více vrstev dokumentu.



Nevýhody TIFF

- Značné problémy s kompatibilitou. Díky velké svobodě ve vytváření tagů je otázkou, zda si ukládající program a otevírající program budou vzájemně rozumět.
- Díky problémům s kompatibilitou je řada vlastností TIFF formátu problematicky použitelná, zejména při obecném použití např. na internetu.
- Aby bylo možné se na kompatibilitu spolehnout, je nutné ukládat data bez komprese, bez průhlednosti a bez vrstev. U ostatních možností je otázkou, zda nebudou přijímací stranou ignorovány.
- Bez komprese generuje TIFF velké soubory.
- TIFF neumožňuje animaci.



Obsah RAW souboru

- RAW soubor primárně obsahuje skutečně zcela **hrubá digitální data** toho, co uviděl senzor, a současně data sdělující okolnosti pořízení snímku (**metadata**). RAW data tedy nejsou ukotvena k žádnému standardnímu barevnému prostoru, v datech není vyvážena bílá, není definován bílý bod ani gamma křivka atd.
- Za normálních okolností by RAW soubor měl velikost jako TIFF soubor, který také ukládá tři barevné RGB složky pro každý pixel. Je ale třeba si uvědomit, že RAW ukládá data senzoru před Bayerovou interpolací a tedy „bez barev“. RAW je tedy menší než TIFF

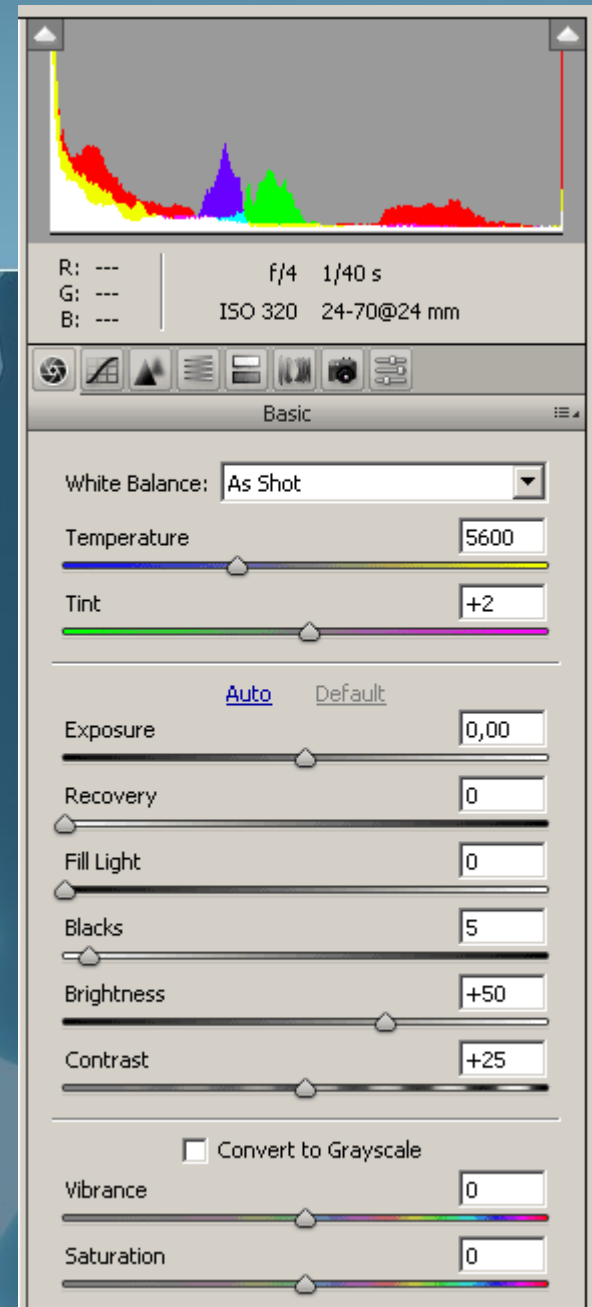


RAW (*raw* – surový, nezpracovaný)

- Je to souhrn "surových" informací z CCD, který je třeba „zprocesovat“ na počítači.
- RAW formáty jsou z principu méně datově náročné než TIFFy - jejich používáním se tak může ušetřit mnoho cenného prostoru na paměťové kartě.
- Hlavní nevýhodou je svázanost s daným typem přístroje. RAW (způsob uložení dat v tomto formátu) je u každého výrobce zcela jedinečný. Problém proto nastává při čtení v obrazových editorech. Proto výrobci přišli s konceptem RAW+JPEG. Jednoduše uloží na kartu oba formáty a na kartě jsou potom opravdu dva soubory obsahující stejnou fotografii - jeden JPEG, druhý RAW.
- Hlavní výhodou je možnost vhodného zpracování dat až v počítači – úprava expozice, barevného vyvážení, doostření atd.

RAW + Photoshop

Ukázka malé části parametrů, které nabízí Adobe Photoshop CS3 modulu Camera RAW. To vše při 100% on line a celoobrazovkovém náhledu. Nastavit parametry a vyvolat RAW proto ale není proces na 5 vteřin. Samozřejmě můžete vše nechat na standardních hodnotách, otázkou však potom je, proč jste do RAW vlastně snímali.

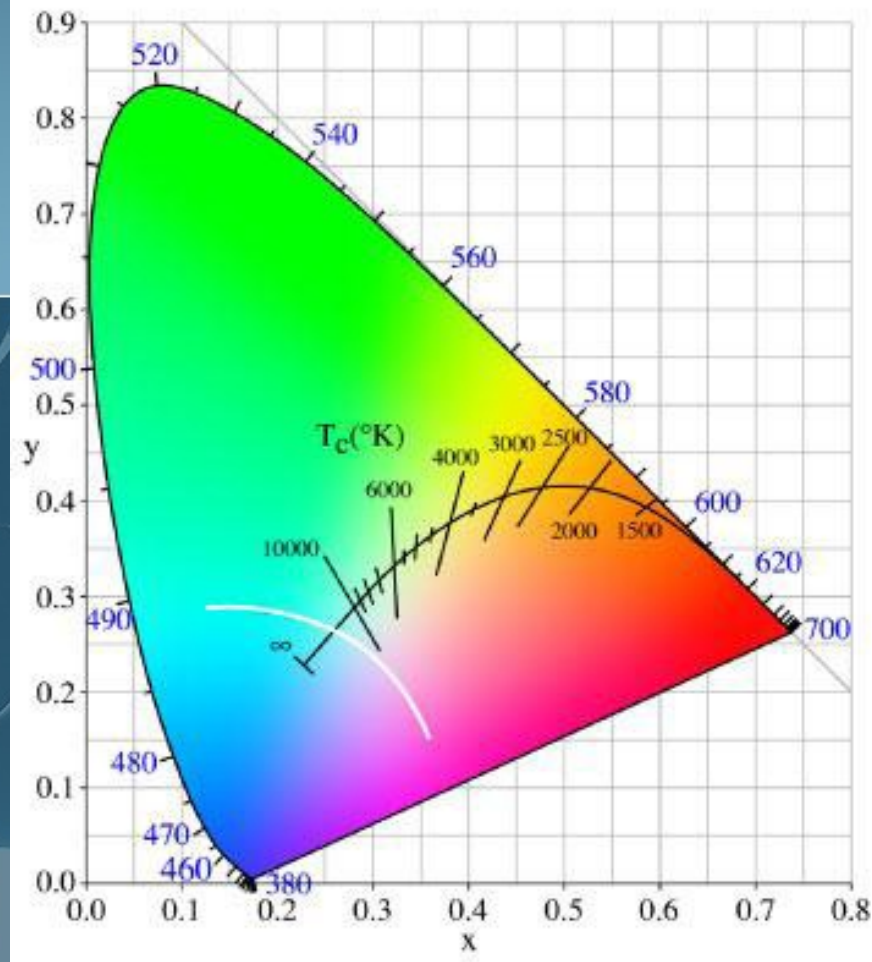


RAW – Odstín barev

Za základní úpravy barev se dá považovat funkce vyvážení bílé, která ovlivňuje barvy celého obrázku, eliminovat vliv barvy okolního světla. Zásadní výhodou RAW formátu je možnost vyvažovat bílou až PO akci, tedy v klidu doma u PC.

Vedle vyvážení bílé mají RAW konvertory možnost ovlivňovat ještě Odstín barev (Tone, Tint) a Sytost barev (Saturation). Funkce Odstín barev je důležitá proto, že vyvážení bílé vyvažuje barvy pouze v rozsahu červená – oranžová – modrá (viz obrázek) a nedokáže postihnout změny barev směrem do zelených, azurových či purpurových. A právě proto je zde funkce Odstín barev.

Adobe Photoshop nabídl vedle klasických nástrojů Sytost (Saturation) i nový nástroj Vibrance, který sytí barvy s minimálním nebezpečím klipování barevných kanálů.



Zatímco funkce vyvážení bílé ovlivňuje barvy zejména v rozsahu červená – modrá (černá křivka), tak funkce Odstín barev ji ovlivňuje v rozsahu azurová – purpurová a tedy „kolmo“ na vyvážení bílé (bílá křivka). Tím ji vhodně doplňuje

Barevné korekce

Vedle klasických nástrojů ovládajících sytost a barvy celého obrázku nabízí i nové nástroje ovládající barvy jen vybraných odstínů. Je tak možné cíleně přebarvit (záložka Hue), sytit (záložka Saturation), zesvětlit či ztmavit (záložka Luminance) jen jednu např. azurovou barvu.






Doostření v RAW

V obraze se naleznou hrany, přičemž hrana se pozná podle jasového nebo barevného kontrastu. Jak velký rozdíl kontrastu se již považuje za hranu, je obvykle možné nastavit. Často se tento parametr nazývá Práh (Threshold) a ten říká, jaký tonální (jasový nebo barevný) rozdíl musí sousední pixely mít, aby byly považovány za hranu

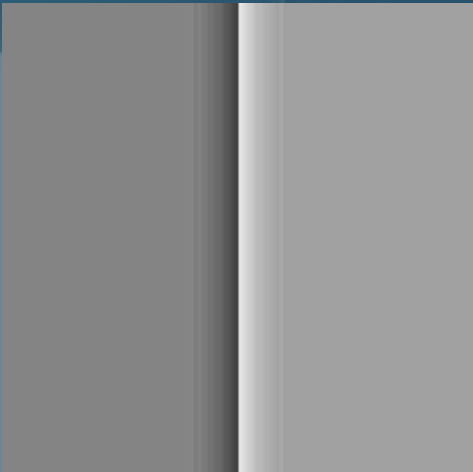
Pokud byly v obraze nalezeny hrany podle prvního kroku, je v jejich okolí zvýšen kontrast. Tmavá část hrany je tedy ještě více ztmavena a světlá část hrany je ještě více zesvětlena. Tím na hraně kontrast vzroste a hrana vypadá ostřejší. Je však logické, že podobná manipulace s obrazem obraz poškozuje a zanáší do kresby prvky, které tam původně nebyly



Jas 153

Jas 179

Aby byl zaostřovacím algoritmem tento rozdíl v tonalitě vyhodnocen jako hrana, musí být Práh nastaven na číslo vyšší než 179-153 tj. vyšší než 26.

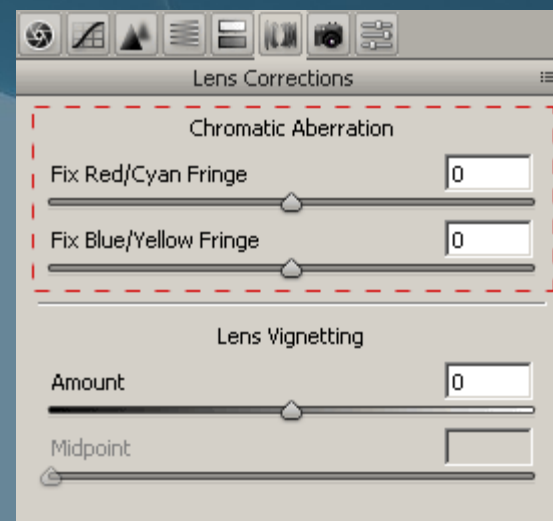
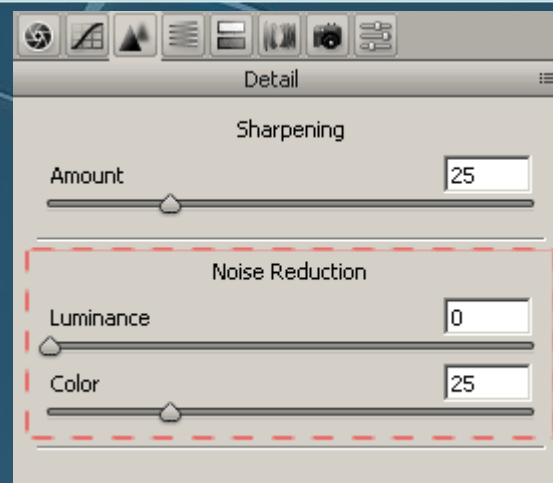


Možnosti doostření, a to i v Photoshop Camera RAW modulu jsou velmi omezené a redukují se jen na stupeň doostření (Amount). Nastavíte-li doostření na 0, RAW Nebude doostřovat vůbec.

Redukce šumu a korekce objektivů

Nástroj pro redukci šumu v Adobe Camera RAW umožňuje nastavit stupeň redukce šumu v jasové (Luminance) a barevné (Color) oblasti. Nastavením obou nástrojů na 0 se vypne redukce šumu zcela. Výše uvedené hodnoty jsou standardní.

Při opravě barevné vady je nutné zkusmo při 100% náhledu snímku nalézt vhodné nastavení obou táhel, kdy je barevná vada nejvíce korigována. U většiny moderních objektivů jsou parametry pro korekci objektivu v EXIF a korekce proběhne automaticky, stejně tak korekce vinětace.





Další možnosti editoru RAW

Další nástroje typické pro RAW konvertory (zde Adobe Camera RAW). Zleva: Velikost náhledu, posun snímku, uživatelské vyvážení bílé, vzorkování barvy, ořez, srovnání horizontu, retuš prachu (viz dále), redukce červených očí, nastavení konvertoru, 2x otáčení snímku.





DNG (digitální negativ)

- Digital Negative je formátem, do kterého lze převést data kódována v různých RAW formátech. Obdobně jako mnohé proprietární RAW formáty je DNG založen na formátu TIFF, resp. TIFF/EP (TIFF rozšířený o možnost zápisu metadat podle specifikace Exif, určený speciálně pro potřeby digitální fotografie). V jeho souborech jsou tedy zapsána jak samotná obrazová data vytvořená snímačem aparátu, tak metadata, popisující nejrůznější charakteristiky přístroje, potřebná k dalšímu zpracování ("vyvolání") snímku. Současná specifikace formátu zohledňuje většinu metadatových typů, používaných dnes v proprietárních RAW formátech, odpovídající mechanismus pak dovoluje výrobcům, využívajícím uvedený formát, nasazovat i metadata vlastní (privátní).



JPEG (Joint Photographic Experts Group)

- Na rozdíl od TIFFu a RAWu je JPEG formát určený pro ztrátovou kompresi dat (používá inverzní kosinovou transformaci).
- Pro kvalitní obraz je vhodná komprese 8 -12, při větším stupni komprese dochází k vyhlazování detailů (6-8). Při ještě větší kompresi se začínají objevovat rušivé vzory.
- JPEG je vyloženě nevhodný pro zobrazení stejnobarevných ploch a ostrých hran. Ostrá rozhraní jsou charakteristická pro grafiku.
- JPEG i při nejmenší kompresi je nevhodný pro ukládání dat pro další zpracování!!

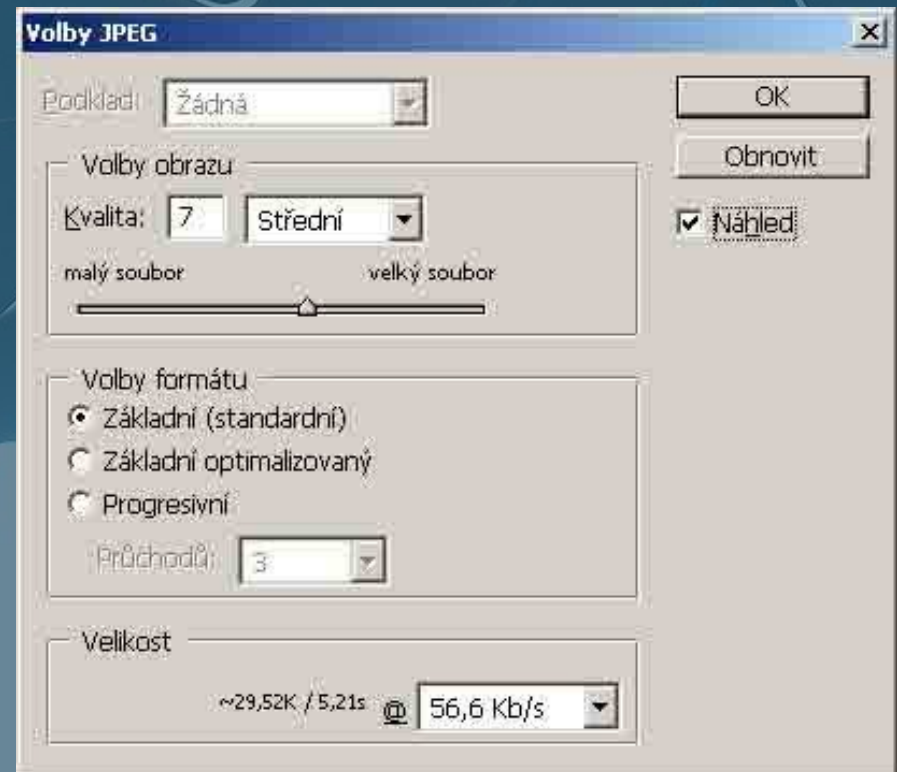


Nevýhody JPEG

- Formát JPEG nepodporuje barevnou hloubku 12 ani 16 bitů na kanál. Vždy pracuje s **barevnou hloubkou "jen" 8 bitů**.
- JPEG nepodporuje průhlednost (Transparency) neboli nedokáže vytvářet obrázky na průhledném pozadí. Průhlednost je však při vytváření počítačové grafiky či koláže často potřeba a je tak třeba sáhnout k jiným formátům (TIFF, PNG, GIF, PSD atd.).
- Díky použité metodě komprese se JPEG **nehodí na ukládání grafiky** (kresby, grafy, ikony, screenshoty atp.). Komprese má tendenci čáry a písmena zobrazovat "zubaté" a rozpít je a tím zhoršovat jejich vzhled a čitelnost
- JPEG nepodporuje animace (pohyblivé obrázky) a nehodí se tak na pohyblivé ikony ani bannery. To je doménou formátu GIF nebo dnes spíše programu Flash.
- Pro perfekcionisty JPEG nepodporuje bezztrátovou kompresi. Komprese je vždy ztrátová
- JPEG nepodporuje vektorovou grafiku, hodí se jen na fotografie.
- Opakované ukládání do JPEG formátu degraduje.

JPEG artefakty

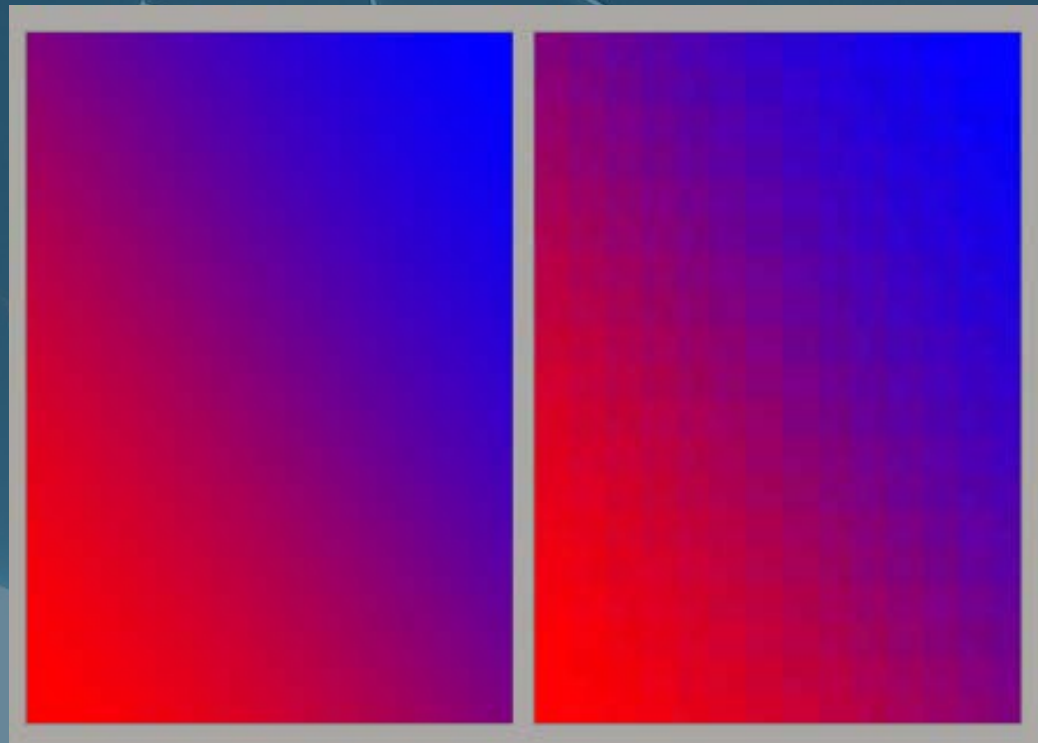
Ukázka JPEG artefaktů na dialogovém boxu Photoshopu, kvalita 0. Pro čárovou grafiku, texty atp. se tedy JPEG příliš nehodí. Aby tento obrázek vypadal dobře, je nutné velmi zvýšit kvalitu JPEGu. To zvětší soubor a tak některé jiné formáty (např. GIF) nabídnou lepší kvalitu při menším souboru.





JPEF artefakty

JPEG bude mít problémy i na **plynulých přechodech** realizovaných na velkých plochách (obloha, pozadí atd.). Tím, že v principu ukládá po čtvercových blocích, tak tyto čtverce mohou být v obraze viditelné a vytvořit místo plynulého přechodu mapy.



Ukázka originálu a jeho obrazu po JPEG kompresi v kvalitě 0. Plynulý přechod je již viditelně nahrazen čtverci.



Stupeň komprese prakticky

- Při ukládání různých (editovaných) obrázků ve vysokém rozlišení a kvalitě, obrázků pro tisk či archivaci je praktičtější volba „Uložit jako..“, která zachová EXIF informace a případně i vložený ICC profil. Kvalitu lze doporučit jako stupeň 8 (z rozsahu 0-12), formát standardní nebo optimalizovaný. Při kvalitě 8 (nebo vyšší) je jen malé nebezpečí viditelné ztráty kvality a to i při opakovaném ukládání. Velikost souborů je přitom rozumná.
- Při ukládání obrázků pro web či mail je nejpraktičtější volba „Uložit pro Web..“, která odstraní z obrázků EXIF informace. Přidat ICC profil sice lze, ale je na internetu či v mailu zbytečný (předpokládá se vždy sRGB). Kvalitu lze doporučit kolem 60 %, kdy je jen malá ztráta kvality ale již výrazně menší soubor. Rozostření nastavte na 0. Zaškrtněte „Progresivní“ pokud chcete aby se obrázek při stahování rychle stáhnul v nízké náhledové kvalitě a postupně se zlepšoval.



GIF

- Formát GIF (Graphics Interchange Format) nebo také GIFF (Graphics Interchange File Format) je formát určený zejména pro web a pro ukládání grafiky. Pro fotografie se vůbec nehodí, protože používá tzv. indexované barvy. Jde o to, že tabulkou je možné definovat od 2 do 256 libovolných barev (tzv. paleta), které se potom v obrázku používají. Jiné barvy ale použít nelze. To je velmi výhodné pro grafiku s omezenou barevností ale nevhodné pro fotografie. GIF formát používá bezeztrátovou kompresi a umožňuje používat průhlednost i animace.