

Strojové vidění a fyzikální podstata

Strojové vidění a zpracování obrazu (BI-SVZ)

Strojové vidění

- Průmyslové systémy
- Automatizace
- Zpracování obrazu
- Kamery a senzory



Strojové vidění – cíle

- Nahrazení subjektivního posouzení
- Vyšší úroveň automatizace
- Kontrola kvality
- Kompletační linky
- Bezpečnost osob
- Identifikace vozidel



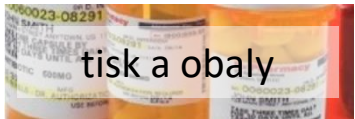
Obory strojového vidění

Výrobní průmysl



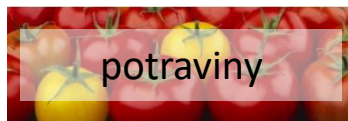
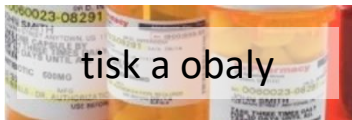
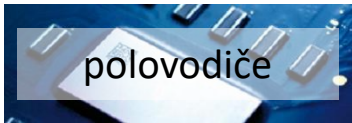
Obory strojového vidění

Výrobní průmysl



Obory strojového vidění

Výrobní průmysl

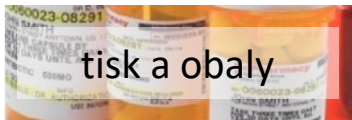
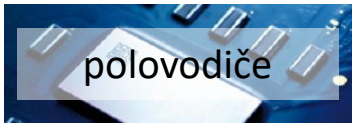


Doprava

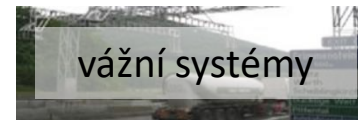


Obory strojového vidění

Výrobní průmysl

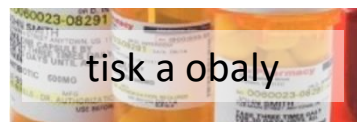
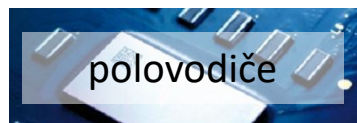


Doprava



Obory strojového vidění

Výrobní průmysl



Doprava

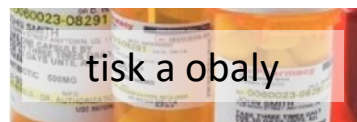
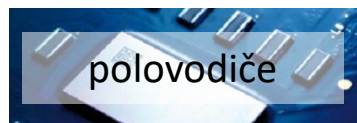


Bezpečnost



Obory strojového vidění

Výrobní průmysl



Doprava

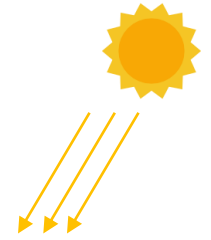


Bezpečnost



Vznik obrazu

zdroj energie / osvětlení



Vznik obrazu

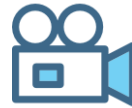
zdroj energie / osvětlení



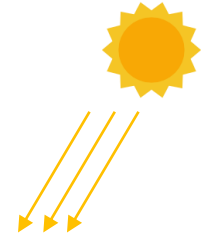
reálný obraz

Vznik obrazu

zobrazovací systém

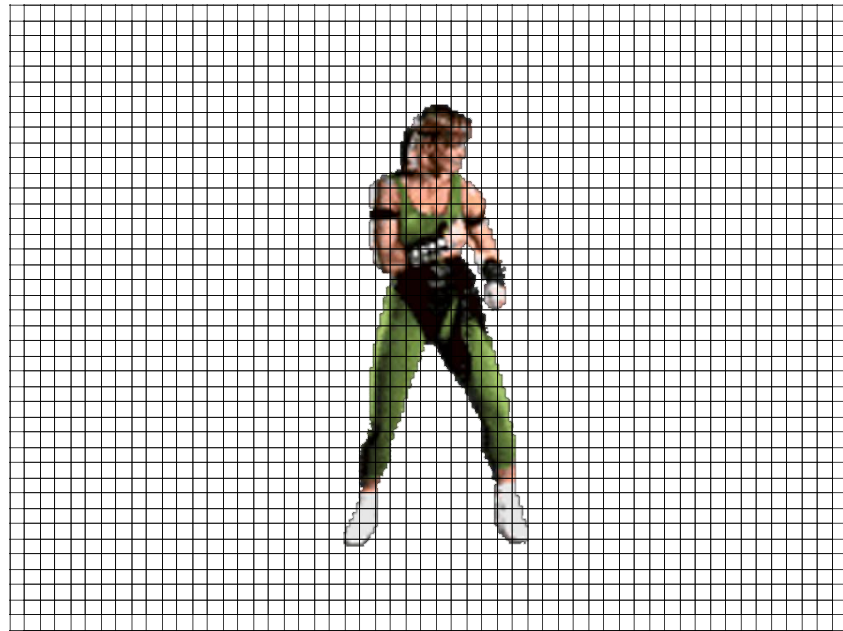


zdroj energie / osvětlení



reálný obraz

Vznik obrazu



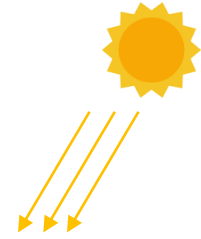
výstup / digitální obraz

zobrazovací systém

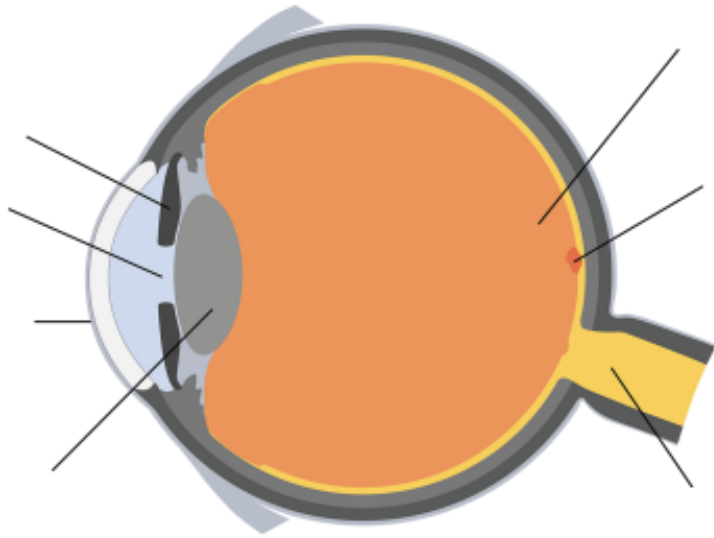


reálný obraz

zdroj energie / osvětlení

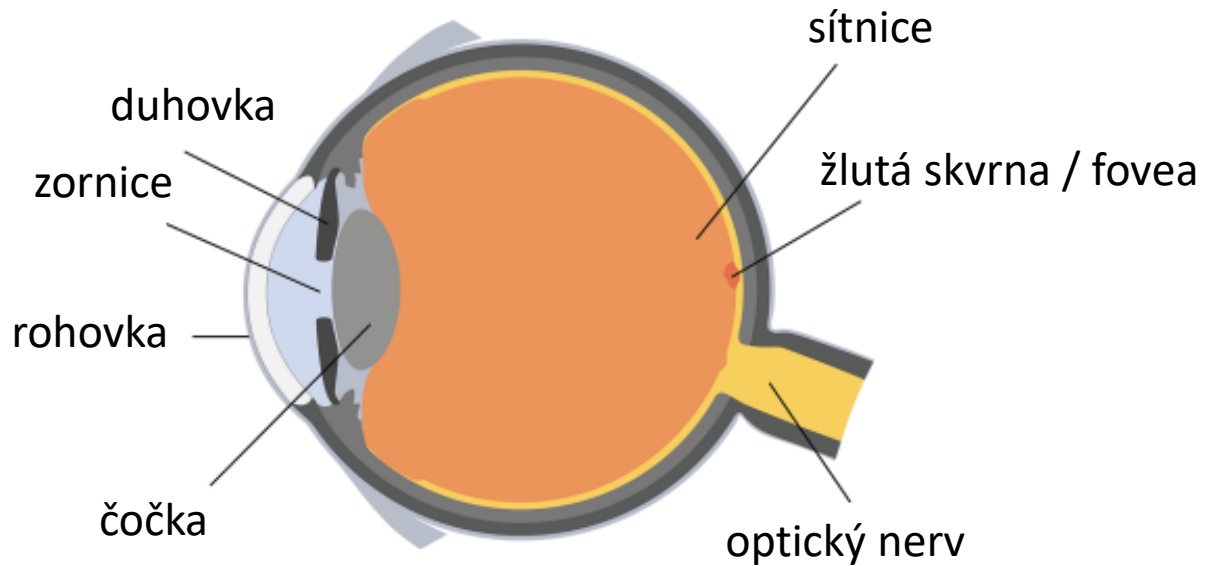


Optická soustava – lidské oko



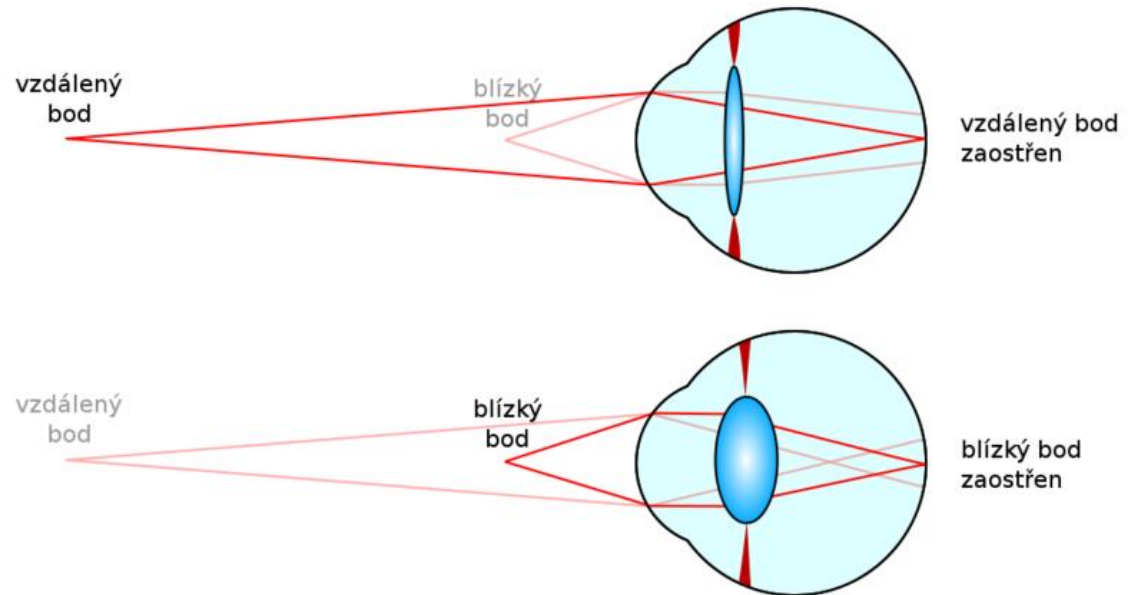
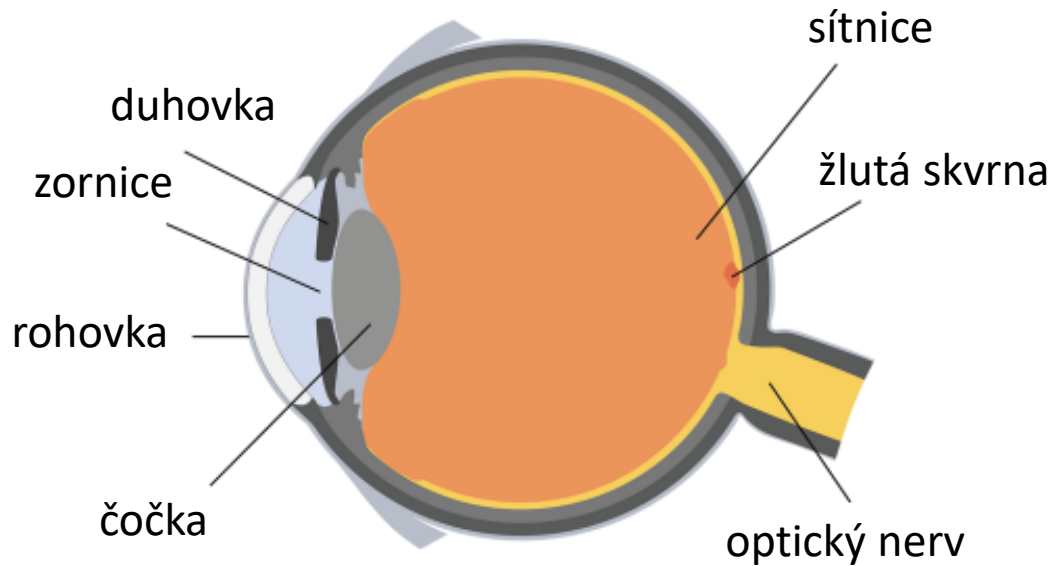
Fyziologie oka, https://is.muni.cz/www/345402/66012191/Fyziologie_oka.pdf

Optická soustava – lidské oko

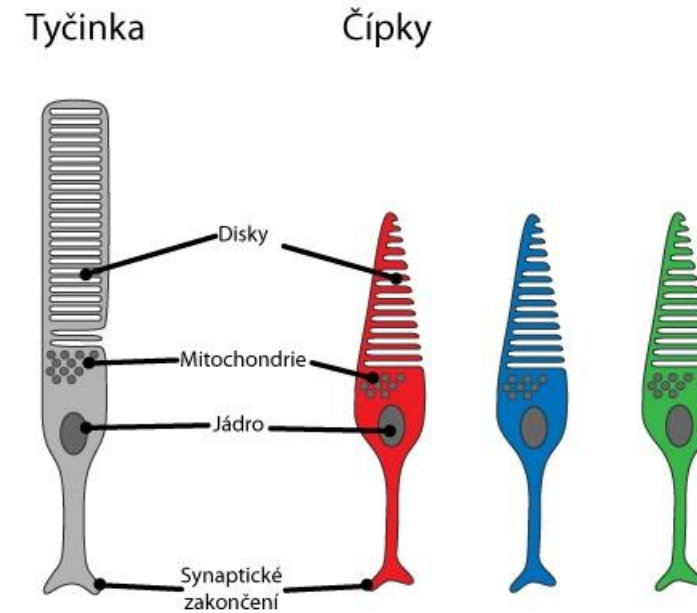
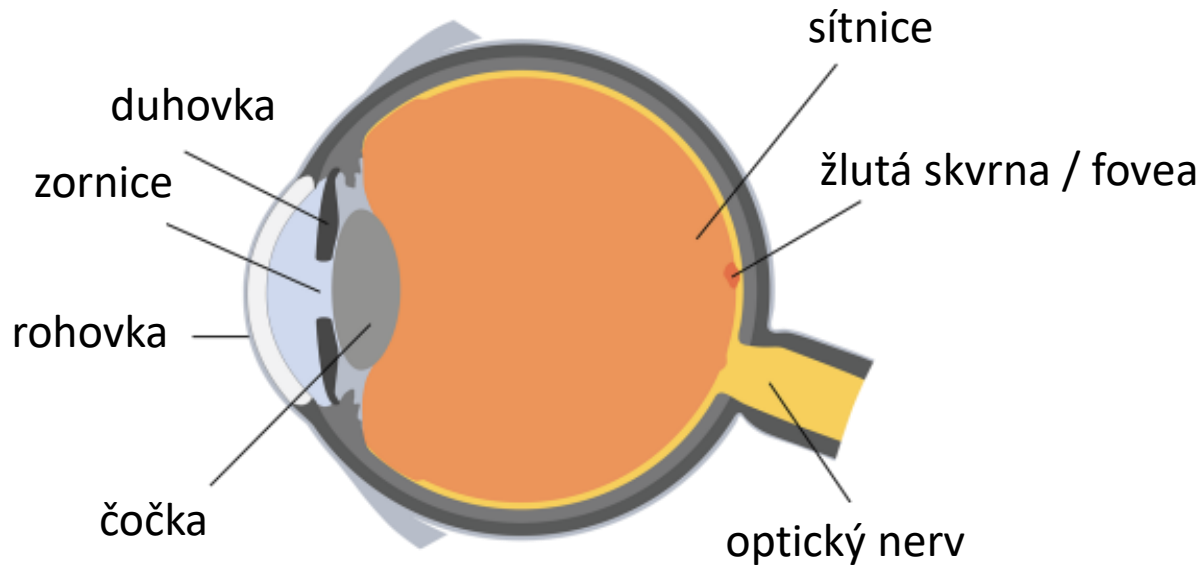


slepá skvrna ?

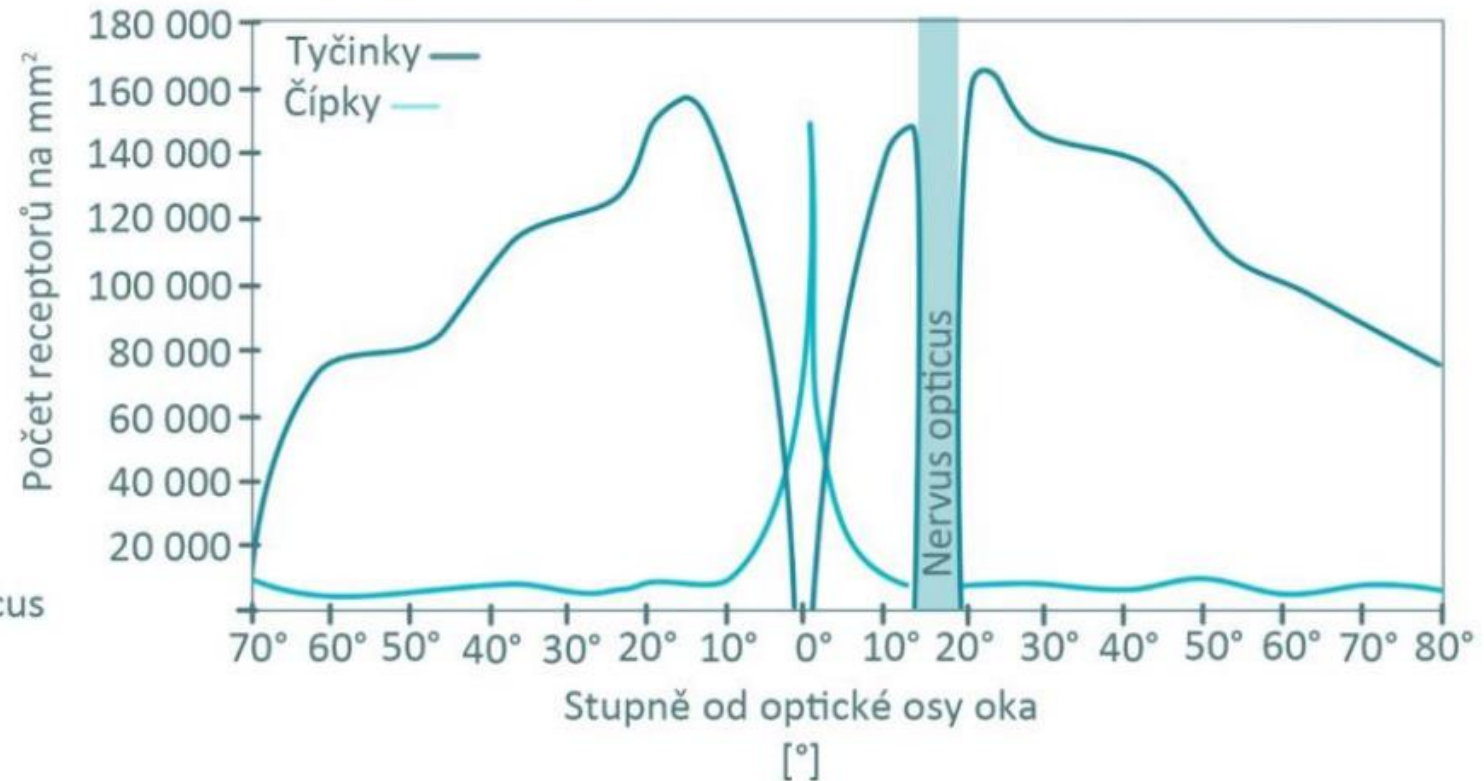
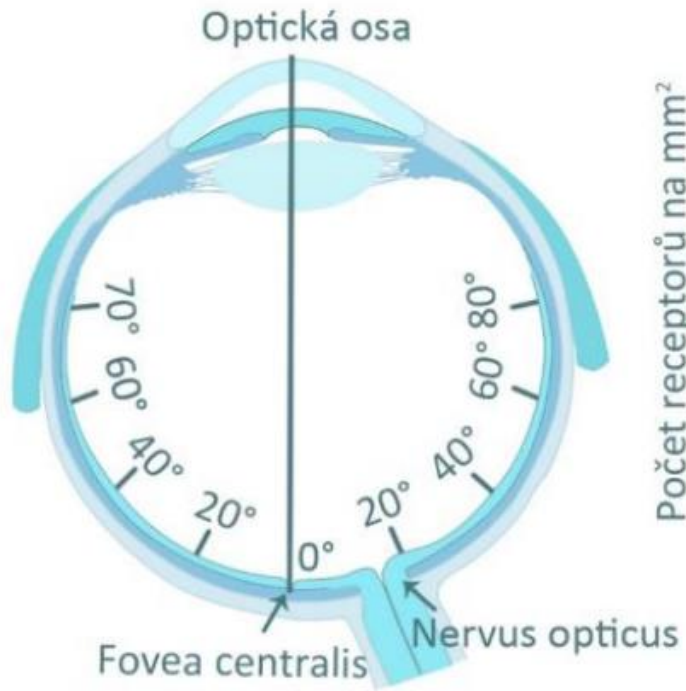
Optická soustava – ostření



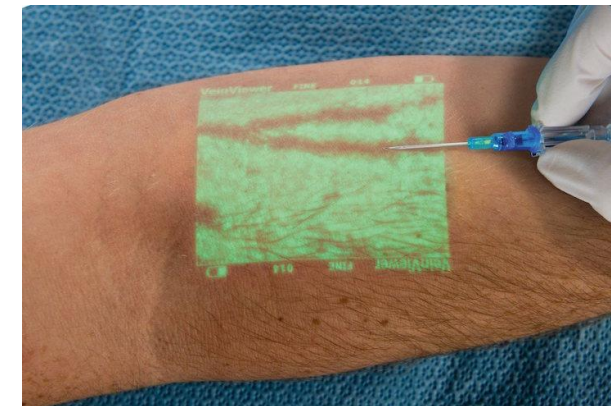
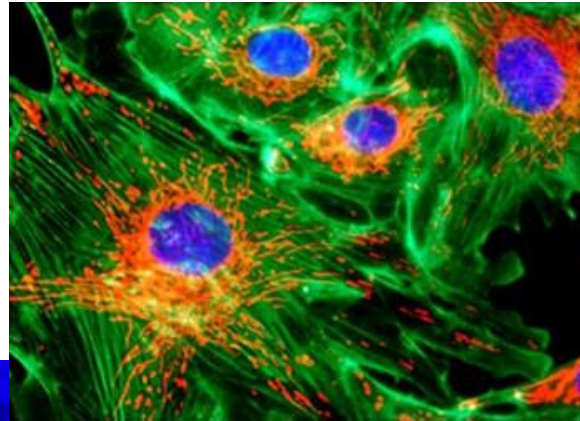
Optická soustava – senzory



Optická soustava – senzory

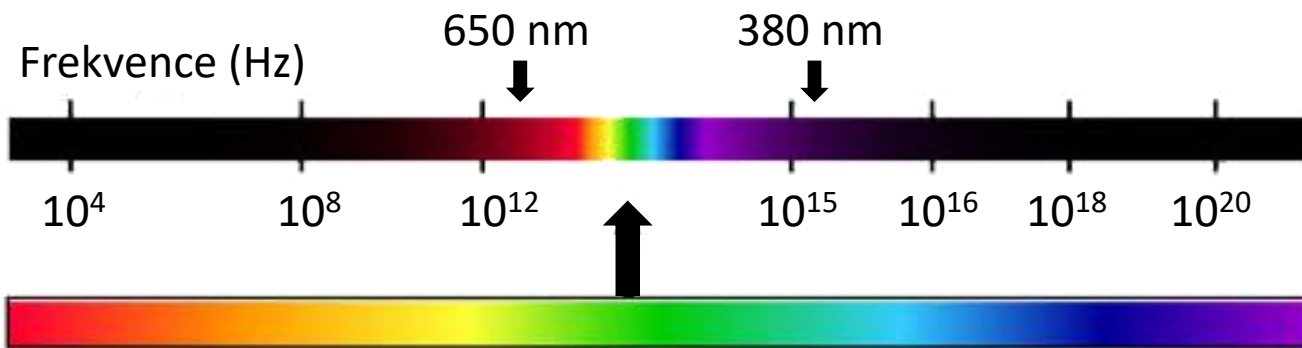
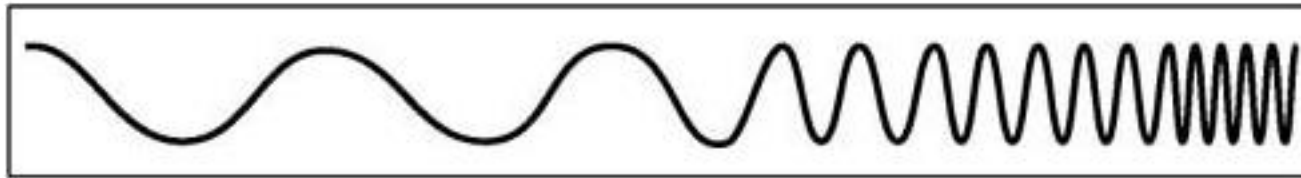
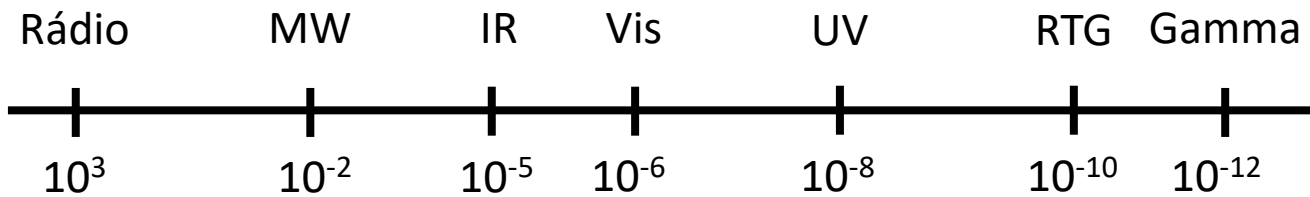


Elektromagnetické spektrum



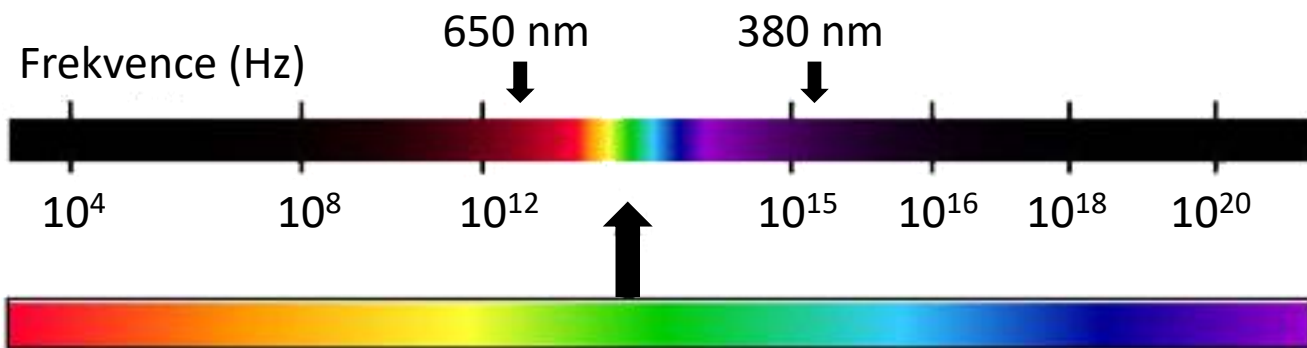
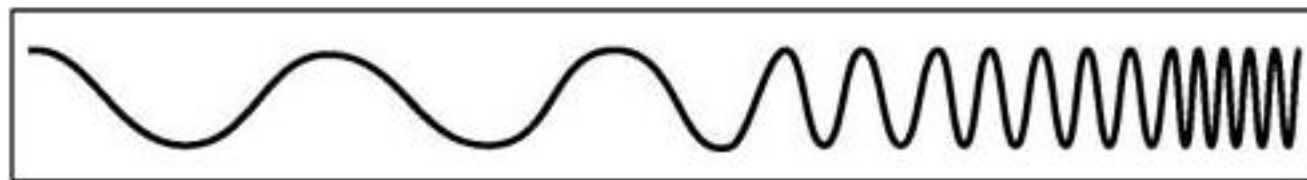
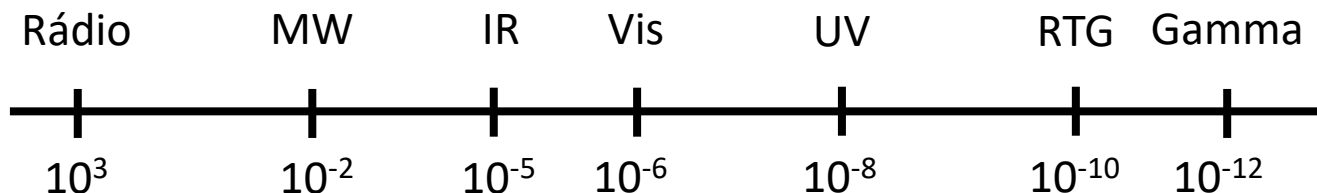
Elektromagnetické spektrum

Vlnová délka (m)



Elektromagnetické spektrum

Vlnová délka (m)



$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \lambda = c \cdot T$$

λ ... vlnová délka

c ... rychlost světla

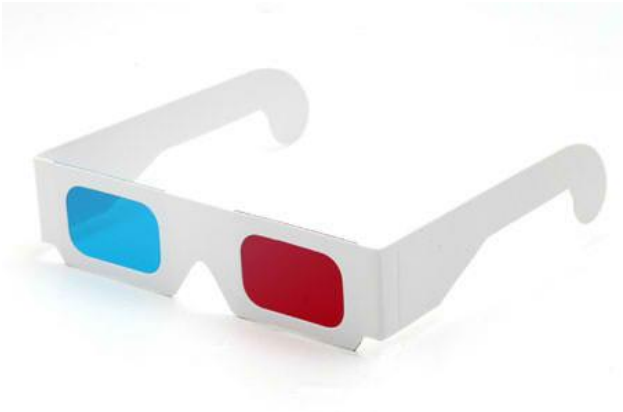
f ... frekvence vlnění

T ... perioda vlnění

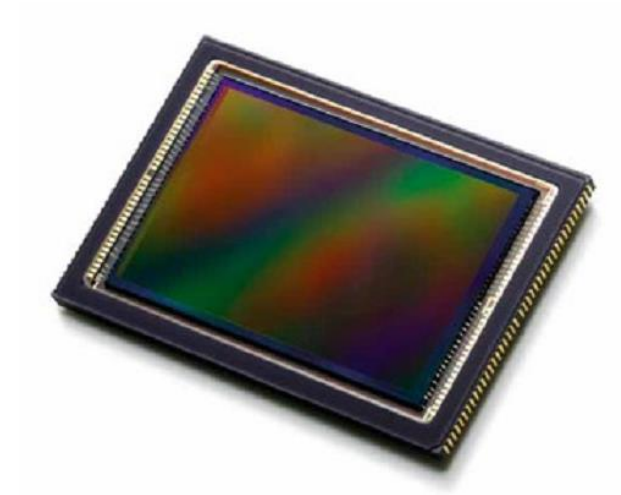
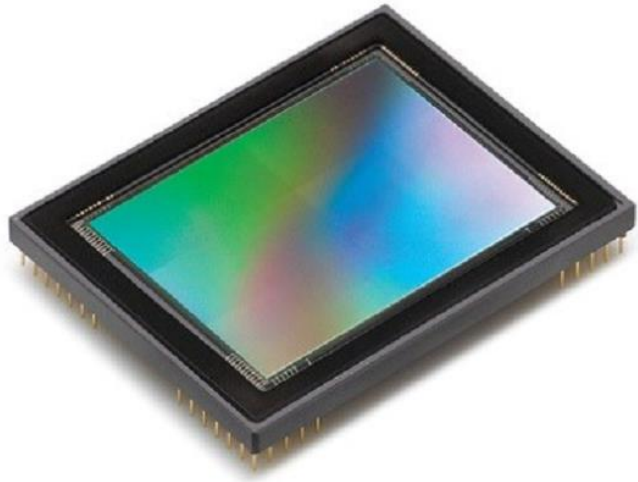
$$c = 300\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

Stereoskopie

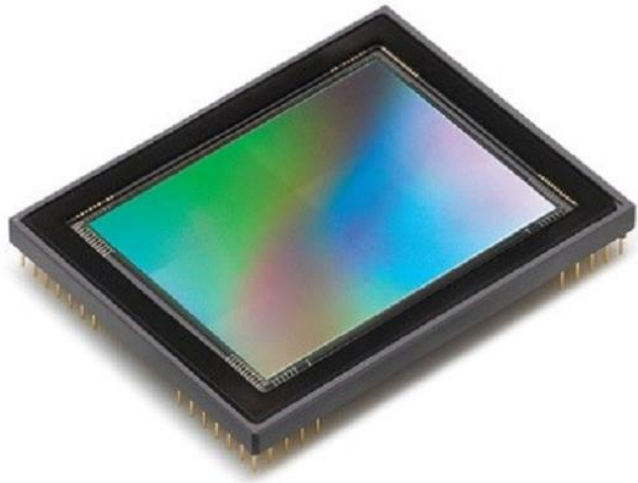
- Způsob zobrazení 3D scény na 1D ploše
→ Poskytnout každému oku jiný obraz



Detektory



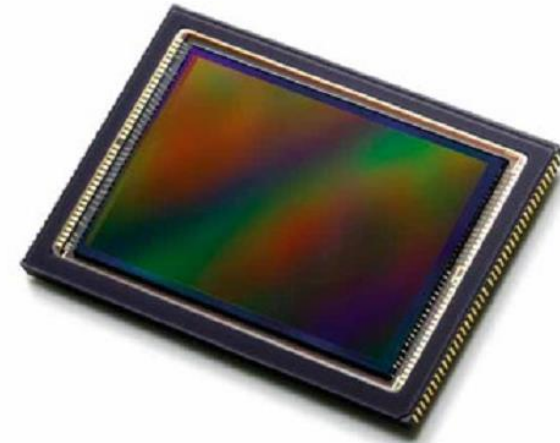
Detektory



CCD

Kvalita obrazu
Dynamika
Nízký šum

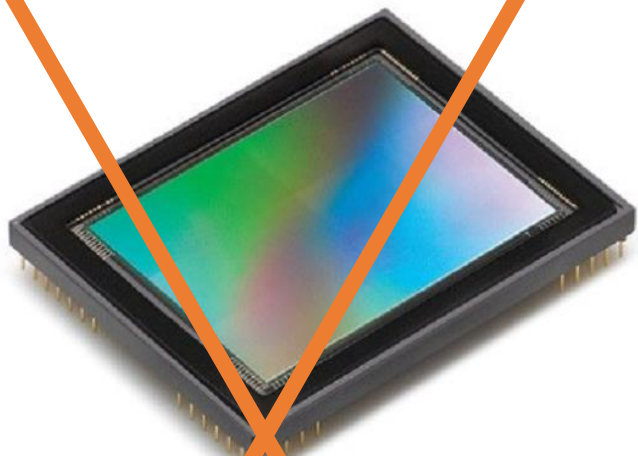
2010



CMOS

Rychlost snímání
Cena

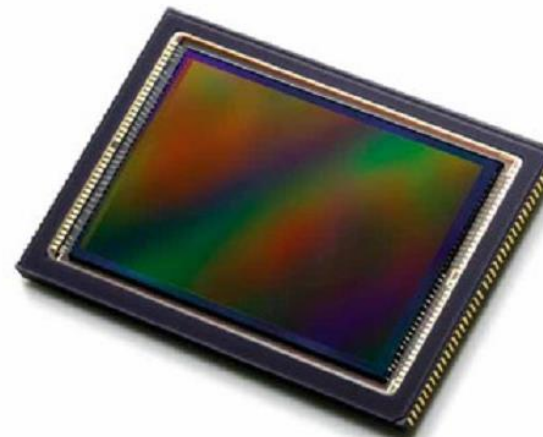
Detektory



CCD

Kvalita obrazu
Dynamika
Nízký šum

2018



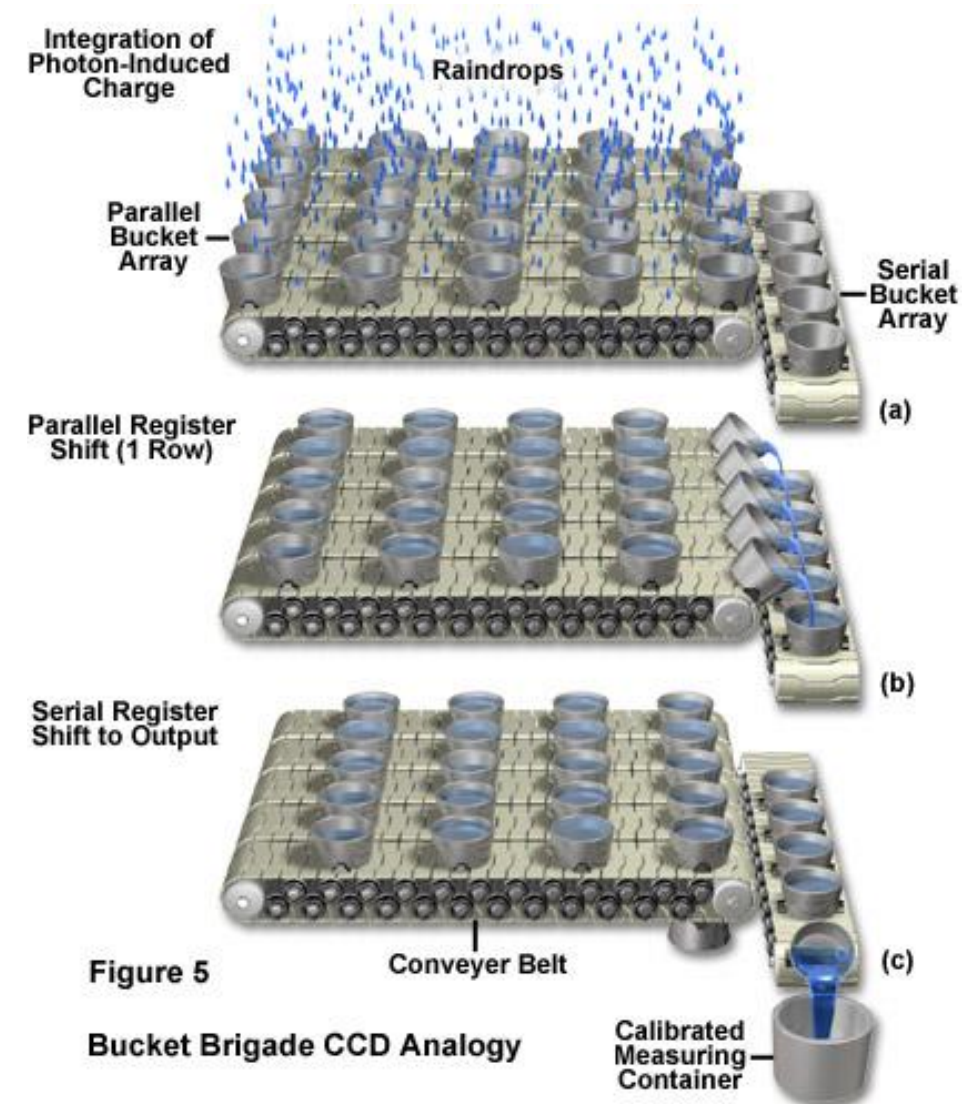
CMOS

Rychlost snímání
Cena
Kvalita obrazu
Dynamika
Nízký šum



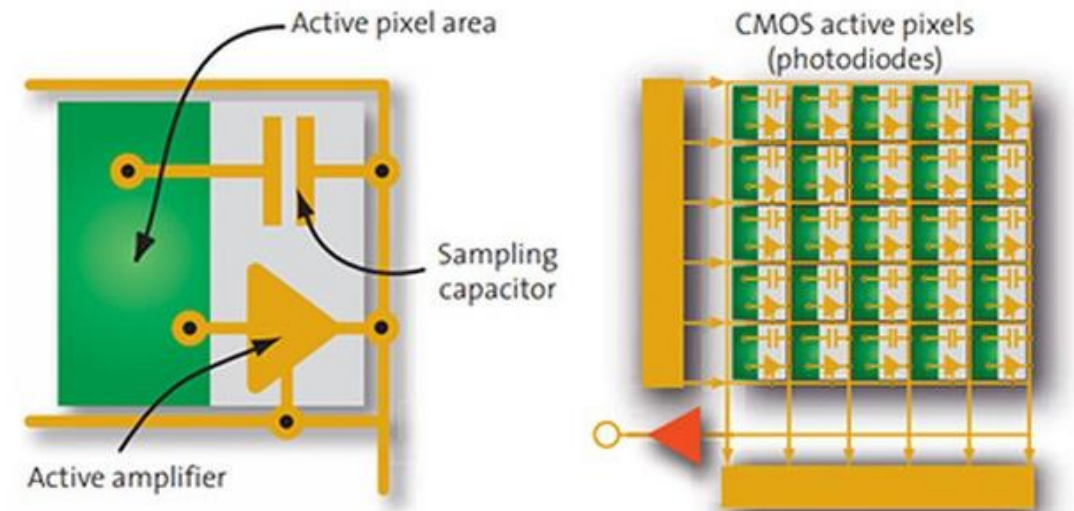
Detektory – CCD

- Snímání analogového signálu
- Převod energie na napětí
- Přenos napětí
- Digitalizace v PC



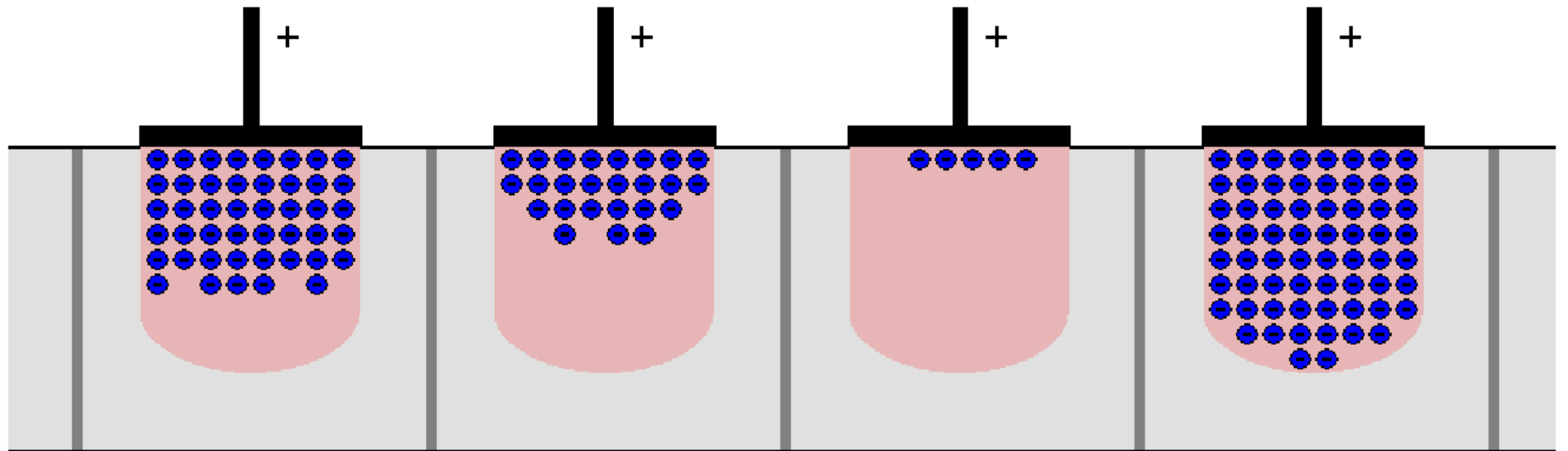
Detektory – CMOS

- Snímání analogového signálu
- Digitalizace na senzoru



Dynamický rozsah – Kapacita buňky

- Fotoelektrický jev
 - Elektrony



Kapacita buňky

Maximální kapacita



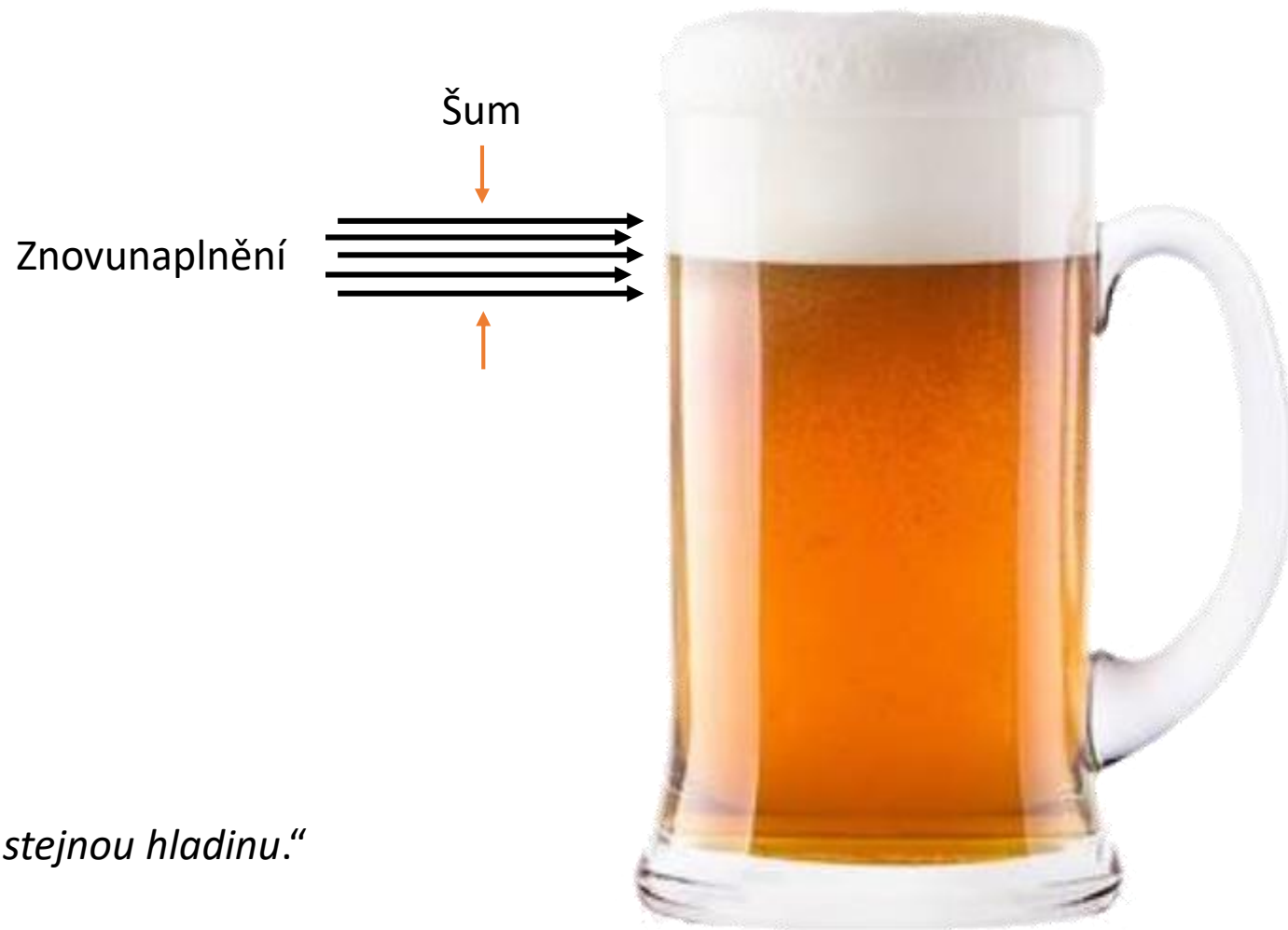
Saturační kapacita



Odstup signálu od šumu (SNR)

$$\text{šum} = \sqrt{\text{počet elektronů}}$$

$$\text{SNR} = \sqrt{\text{saturační kapacita}}$$



„Znovu naplněná sklenice nemá vždy stejnou hladinu.“
(cit. T. Gřeš)

Temný šum

- I když nedopadá na senzor světlo uvolňují se v polovodiči elektrony!
- Určuje detekční limit
- Minimální signál, který jsme schopni změřit

temný šum = **obvykle 8 – 100 elektronů**

„Po vyprázdnění sklenice zůstane na dně pár kapek.“
(cit. T. Gřeš)

Maximální kapacita



Saturační kapacita



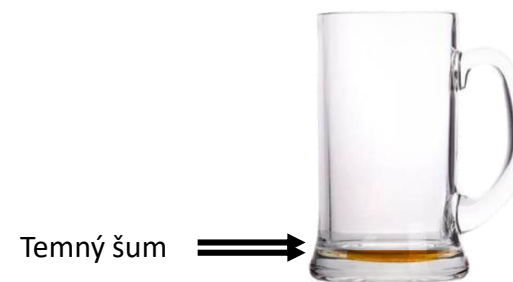
Temný šum



Dynamický rozsah

$$DR = \frac{\text{saturační kapacita}}{\text{temný šum}}$$

$$DR_{db} = 20 \cdot \log \left(\frac{\text{saturační kapacita}}{\text{temný šum}} \right)$$

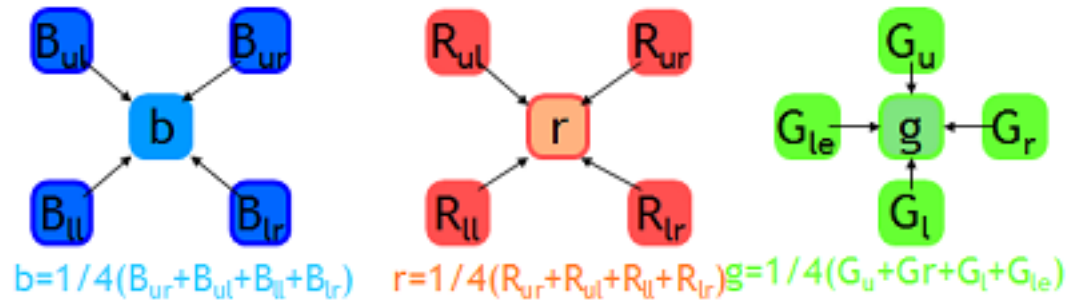
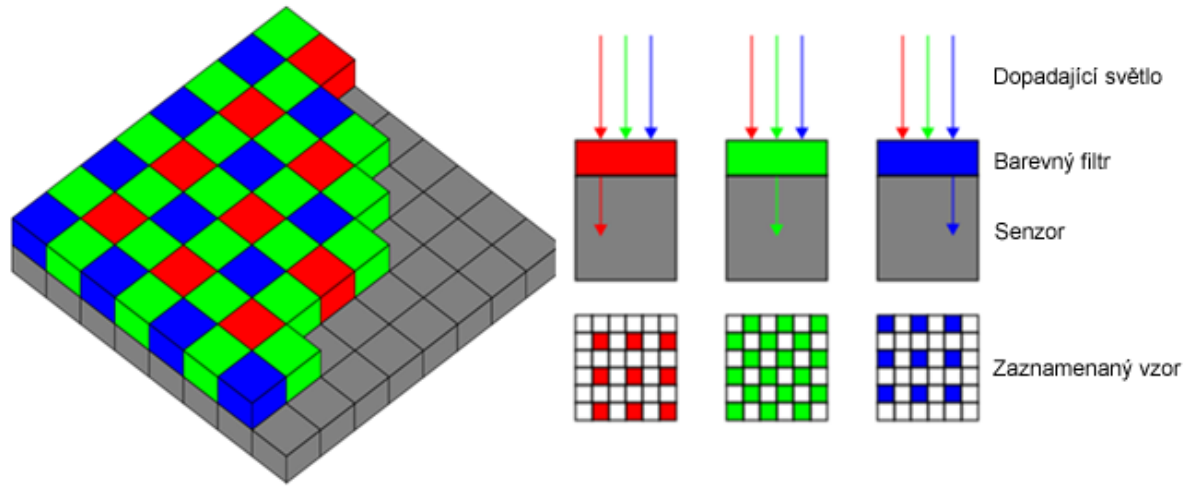


„Dynamický rozsah je poměr mezi plnou a prázdnou sklenicí.“
(cit. T. Gřeš)

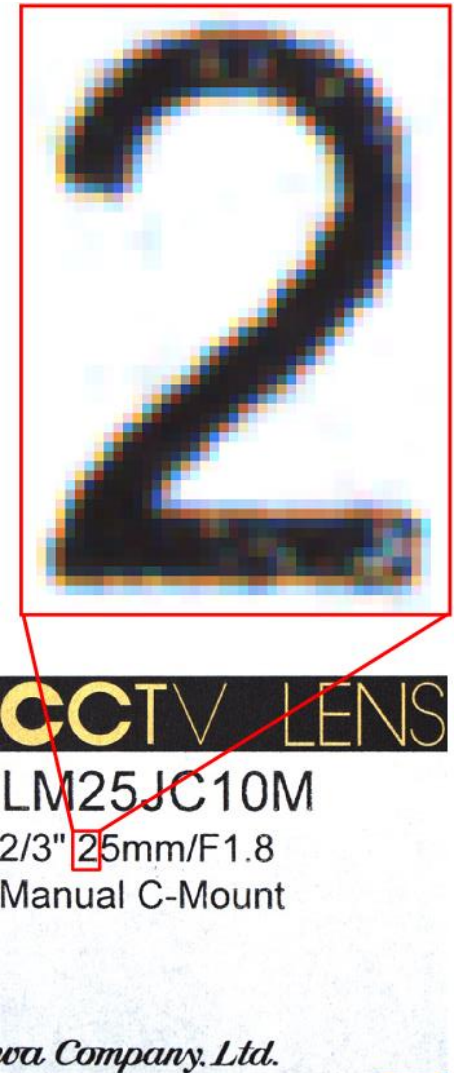
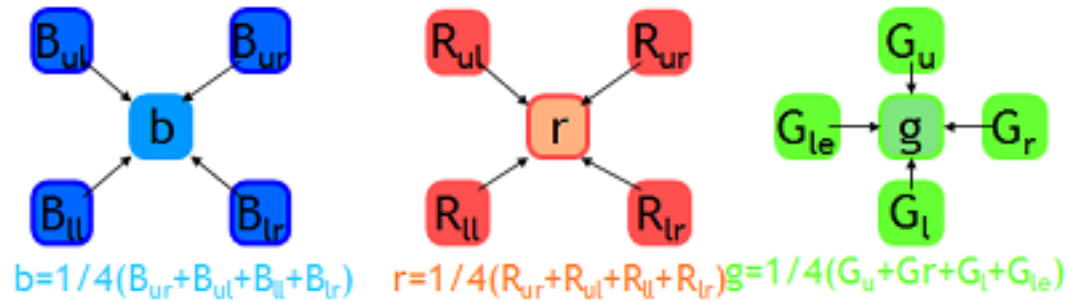
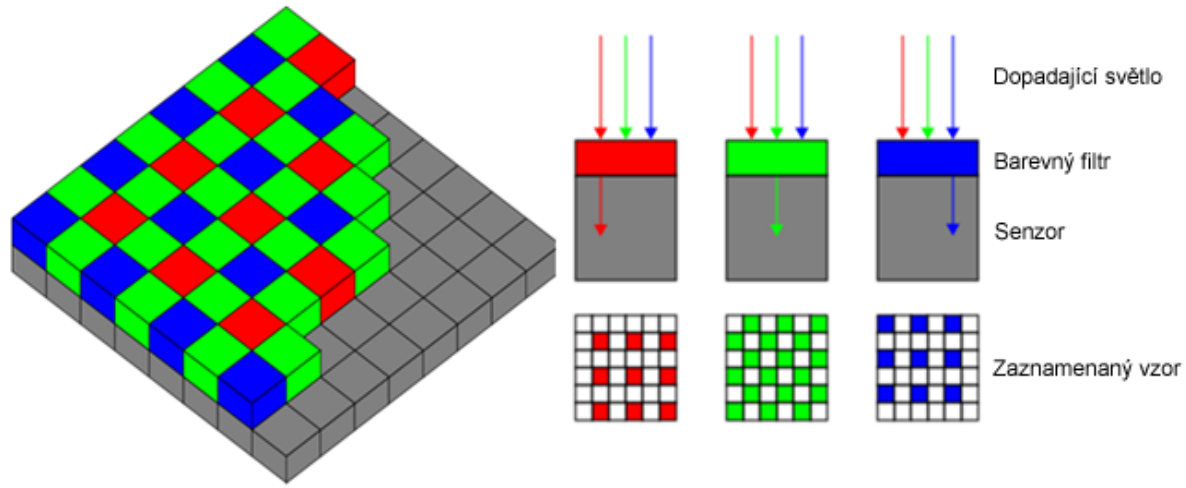
Dynamický rozsah



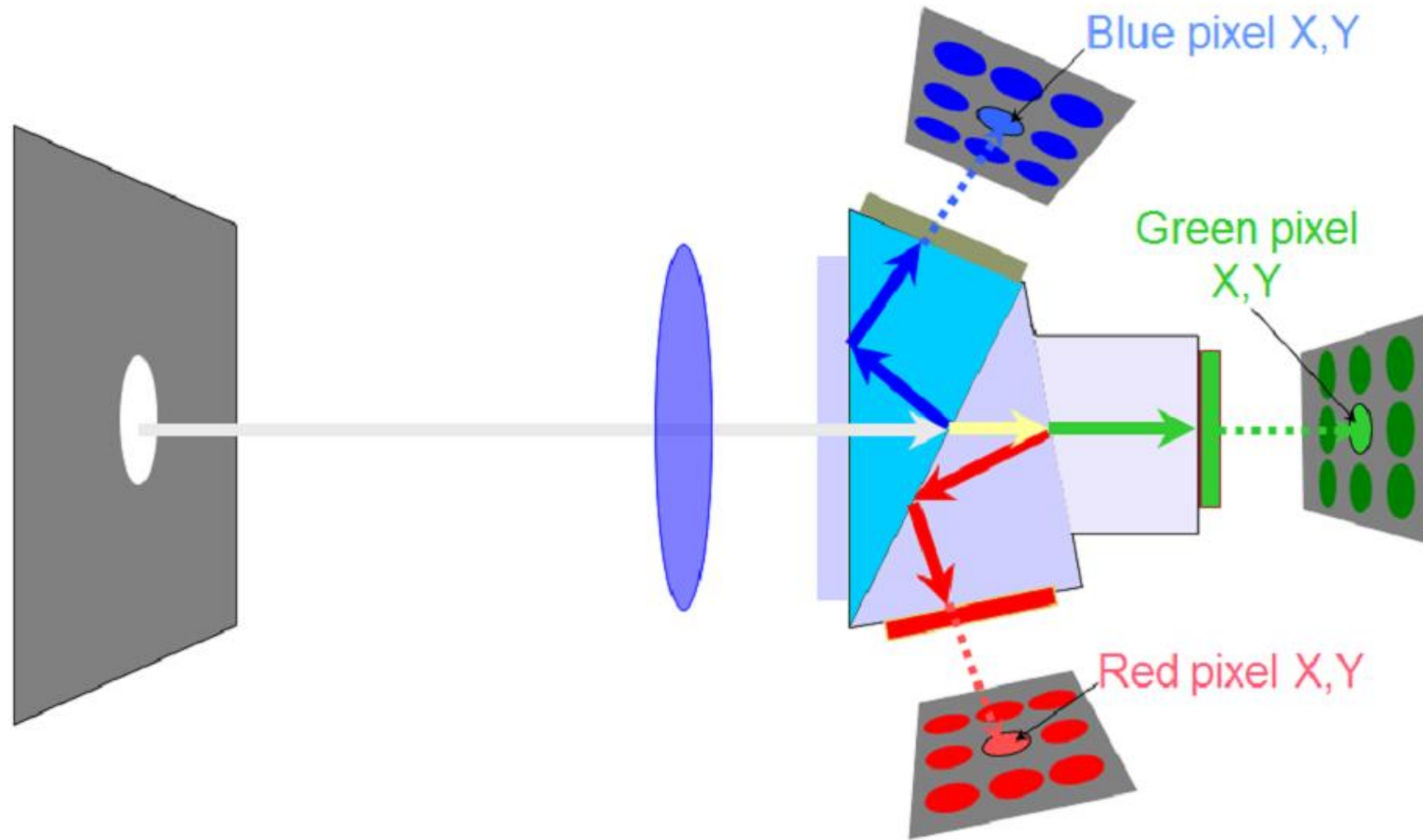
Vícečipové kamery – Bayerova maska



Vícečipové kamery – Bayerova maska



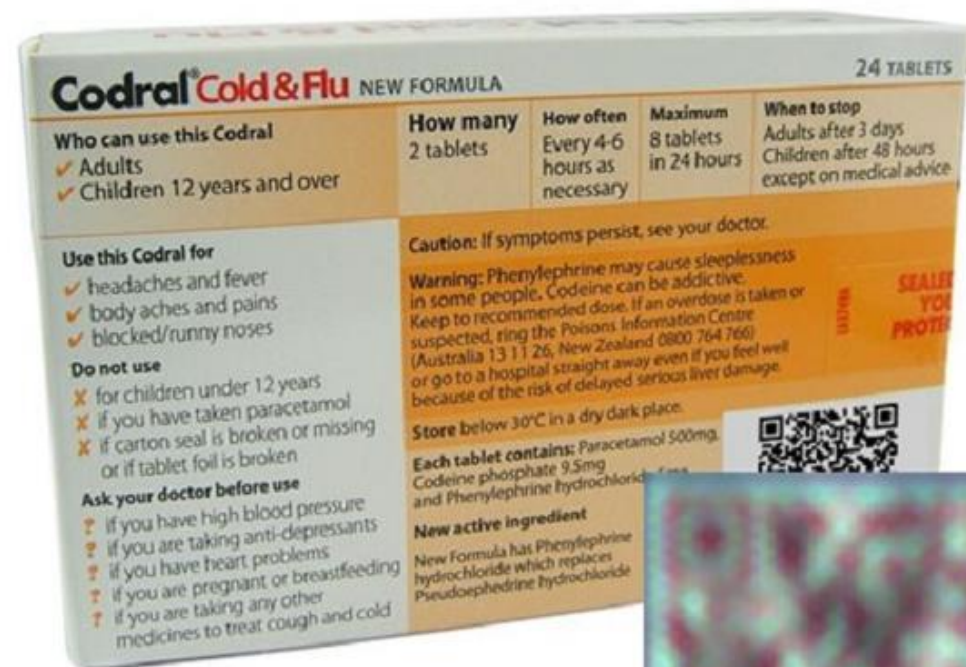
Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS



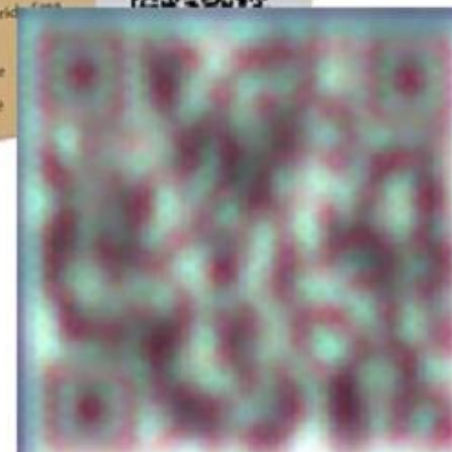
Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS



3CCD
2 MP



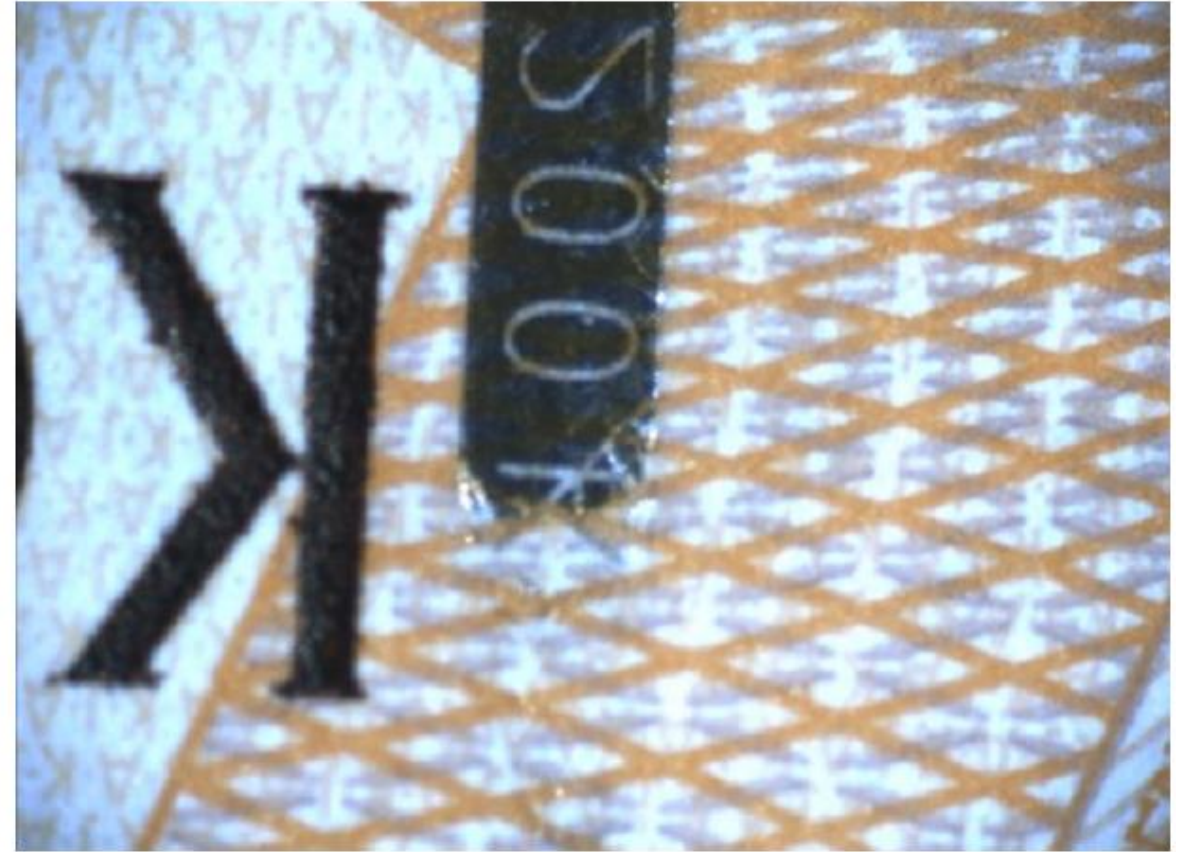
Bayer
2 MP



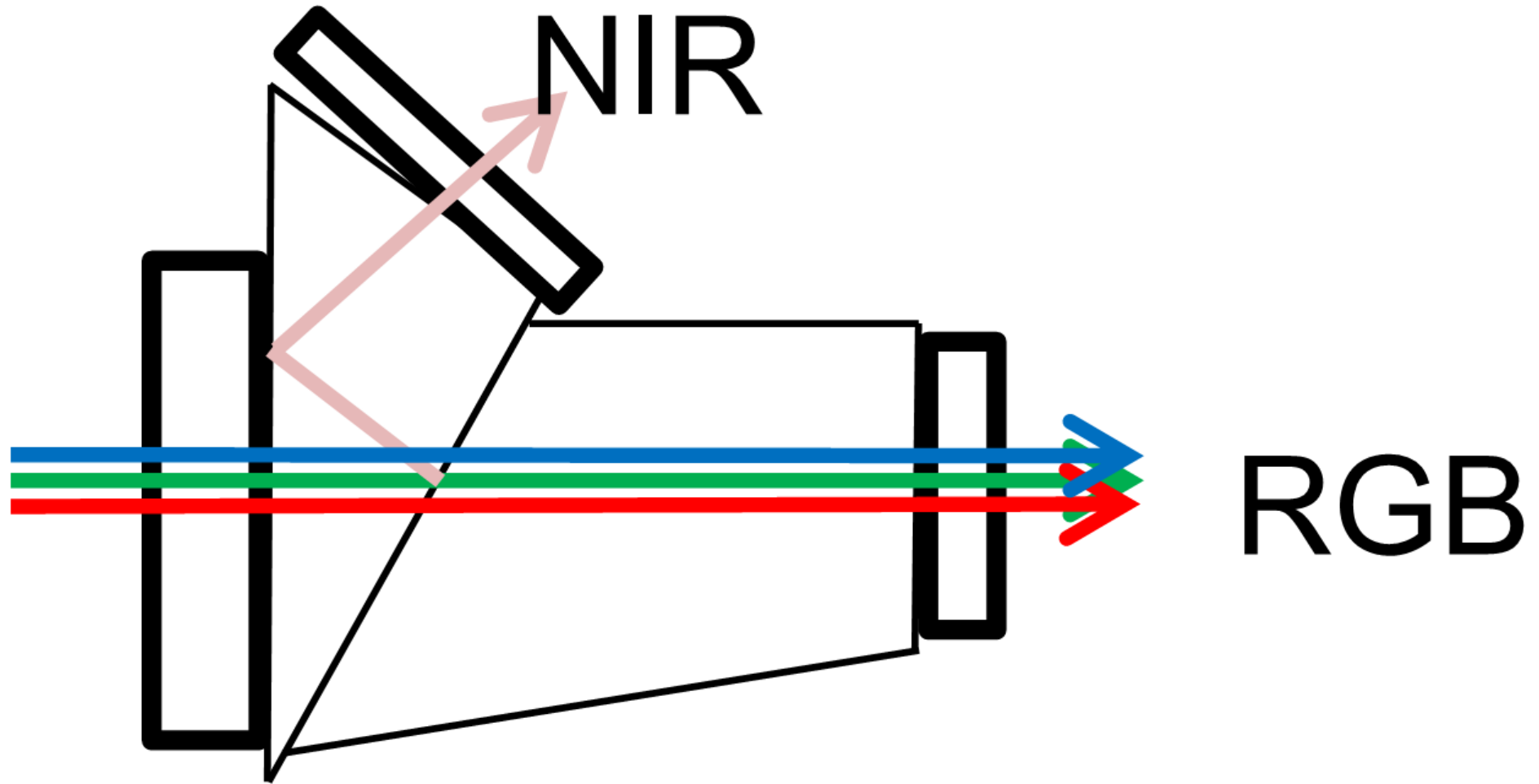
Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS



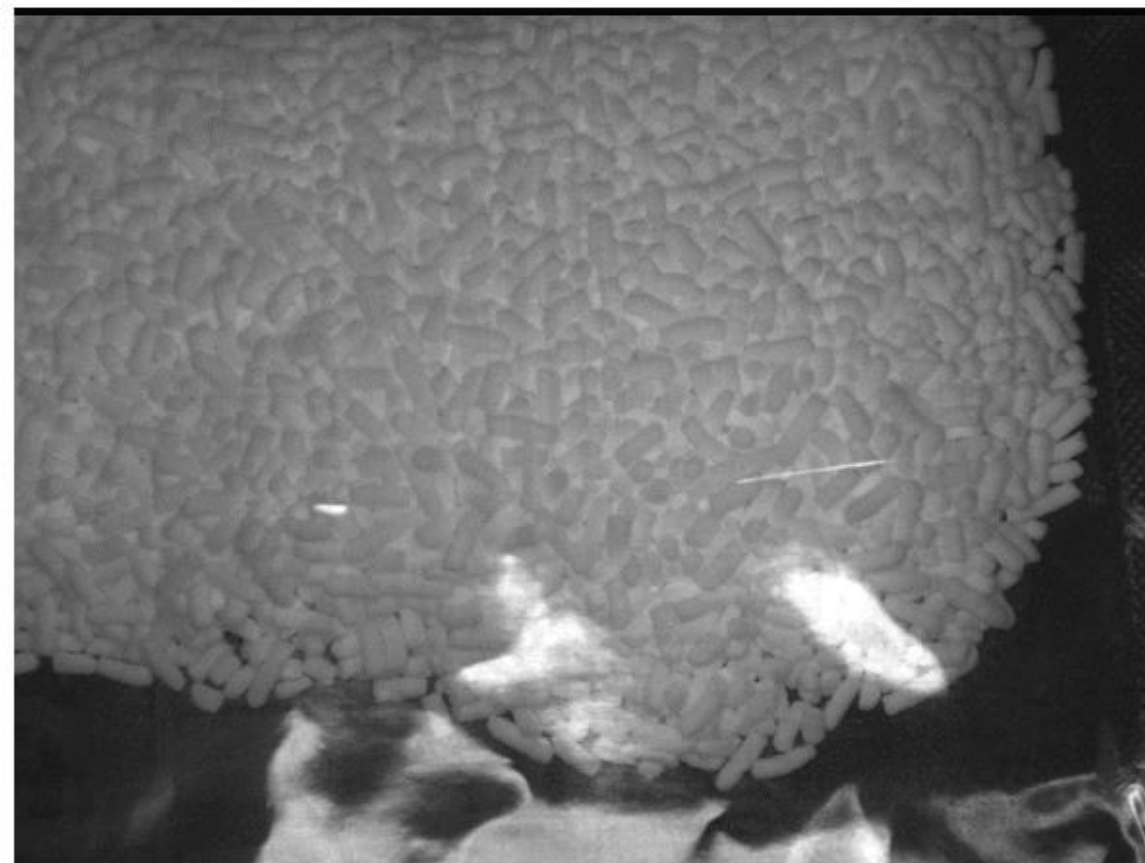
Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS



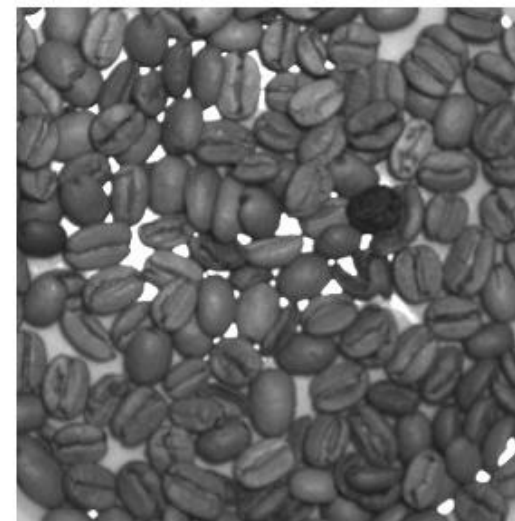
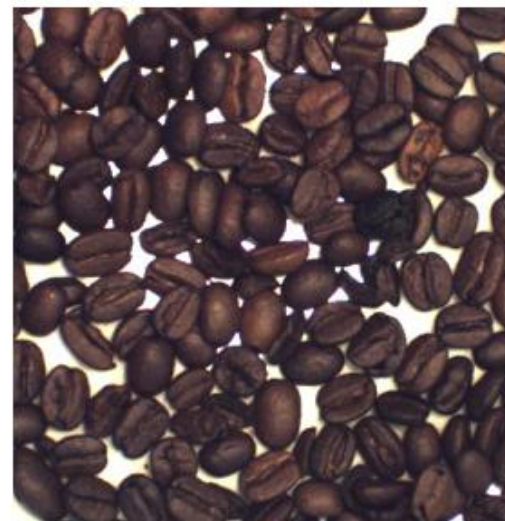
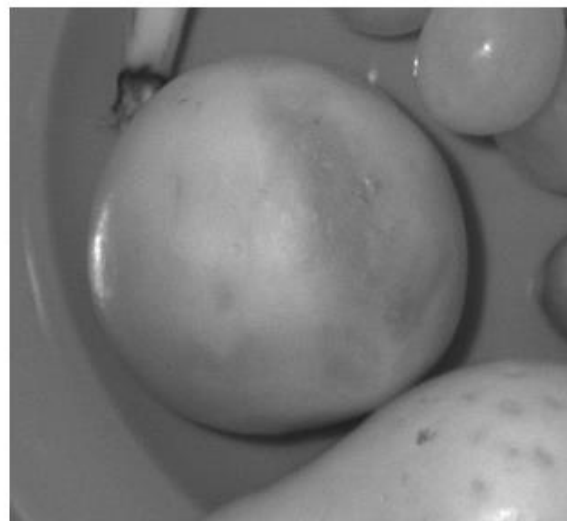
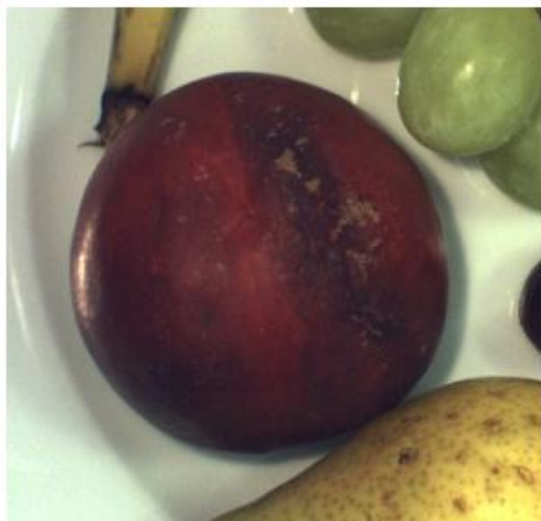
Multispektrální kamery – NIR



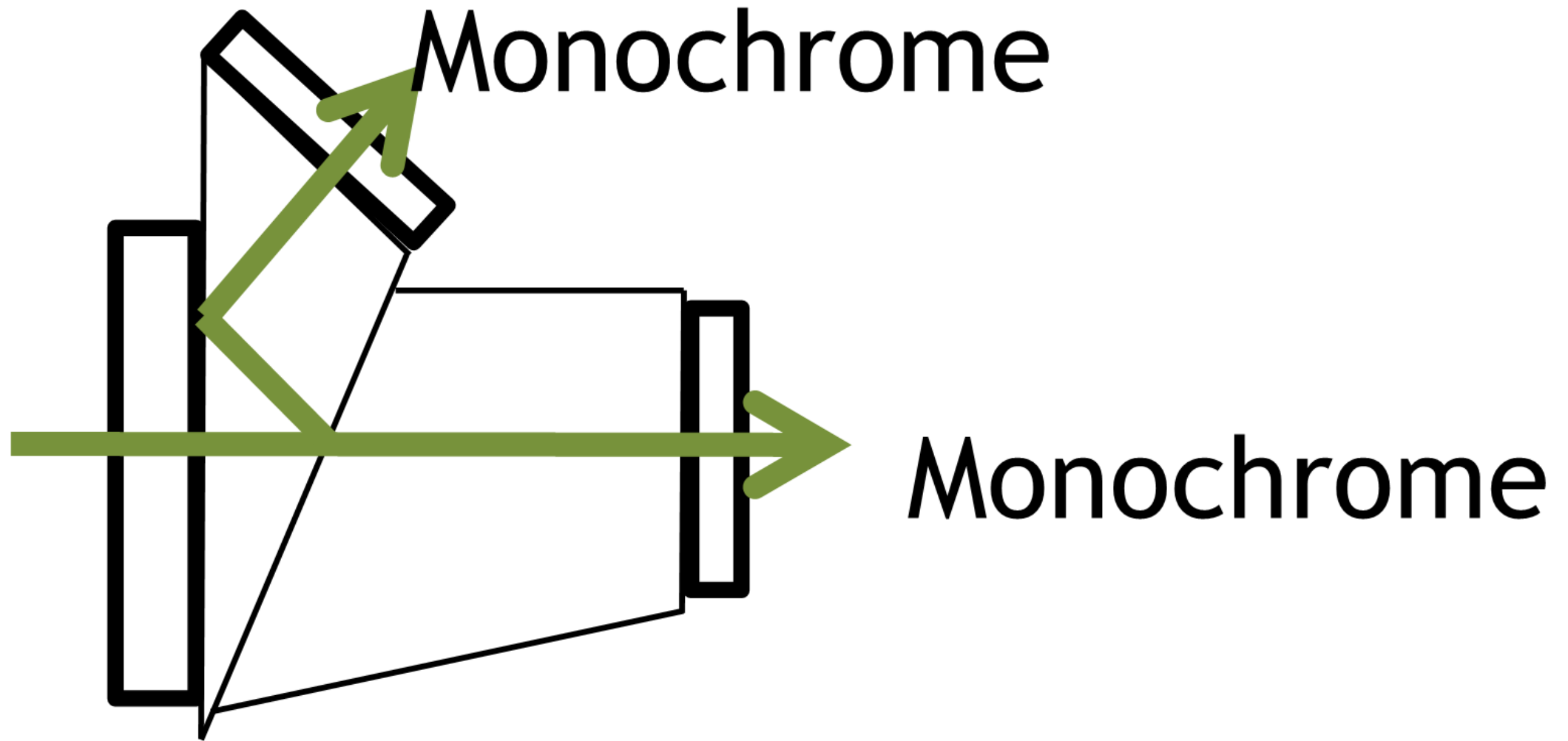
Multispektrální kamery



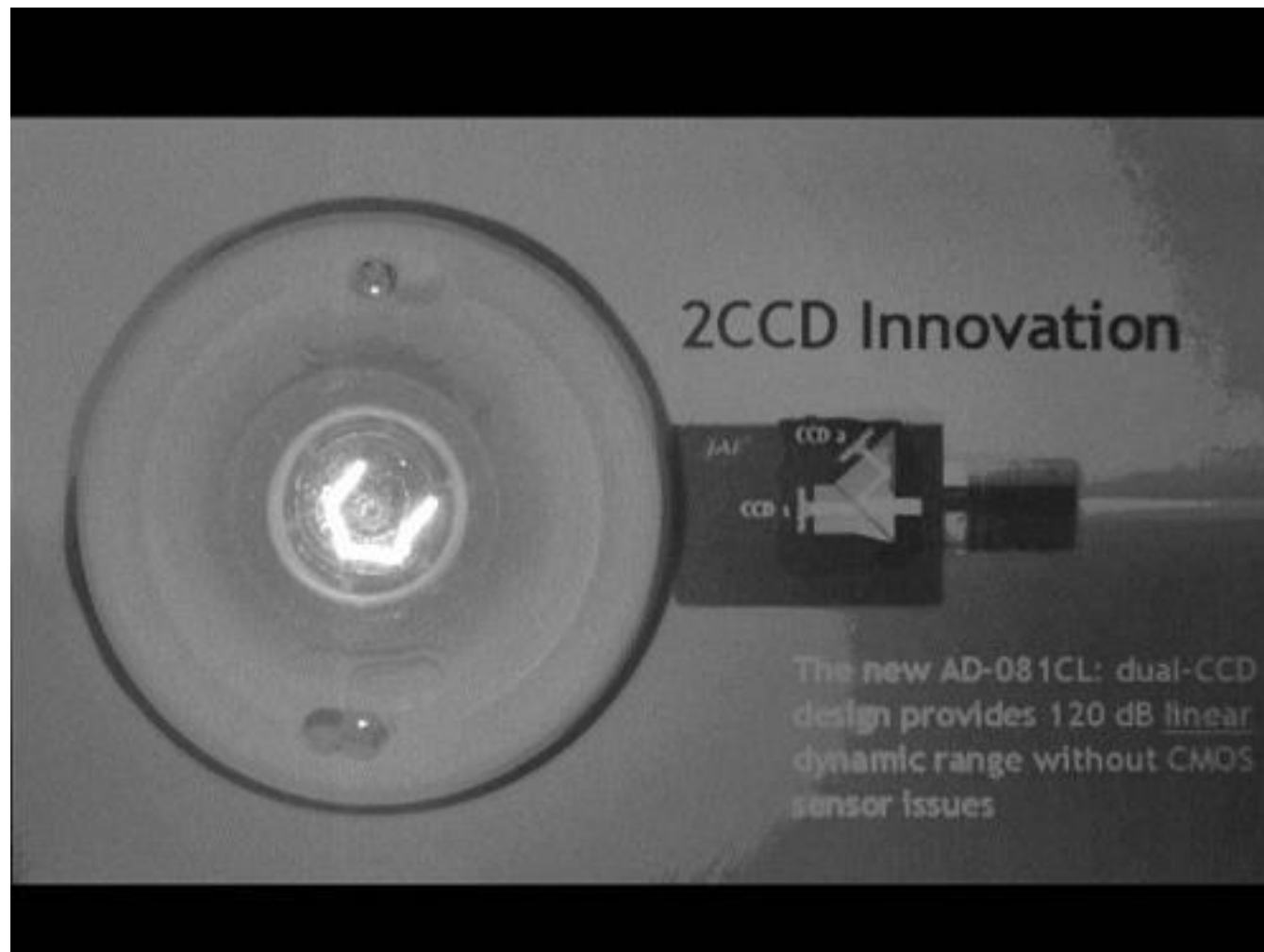
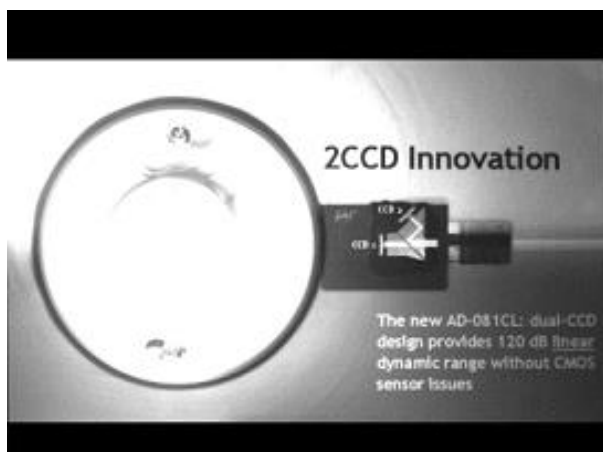
Multispektrální kamery



2CCD HDR



2CCD HDR



2CCD HDR



Intelligentní kamery

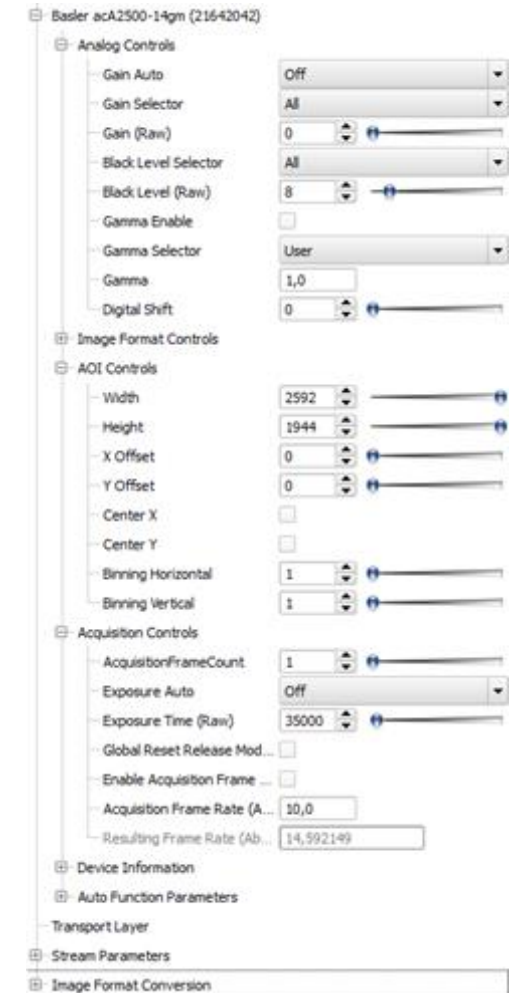
- 360° kamery
 - Bar & QR readery
 - Face recognition
 - License plate readery
-
- Obecně kamery s algoritmy zpracování obrazu
 - Jednoúčelové
 - Zpracování na čipu kamery



<https://www.deviantart.com/pansasunavee/art/Camera-man-162001348>

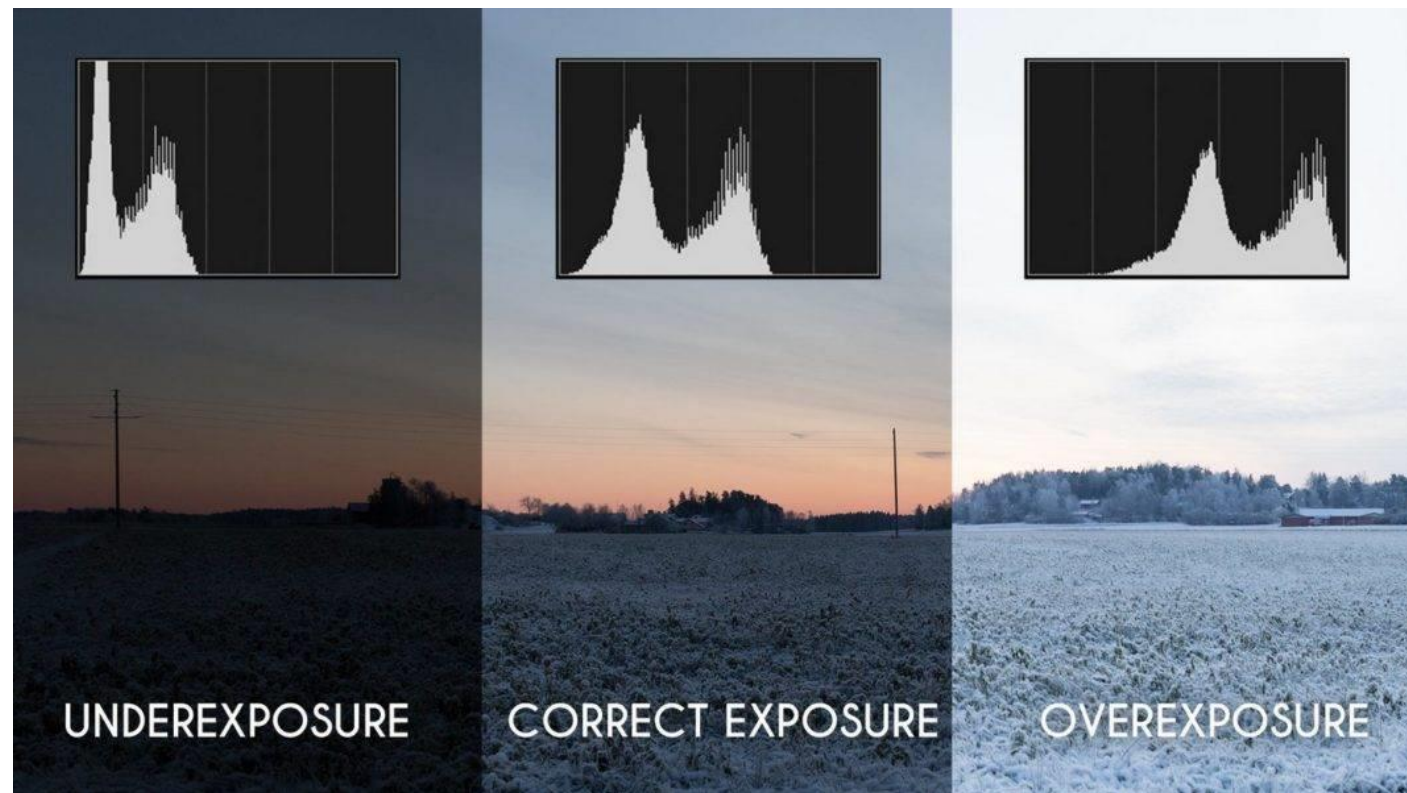
Vlastnosti kamery

- Gain (zesílení)
- Digitální posuv
- Gamma
- Rozlišení + oblast zájmu (ROI)
- Binning
- Datový formát (mono, bayer, yuv422)
- Doba expozice + režim
- Clona
- Závěrka



Základy expozice

- Tři základní parametry, které řídí expozici
- Jak poznat že je snímek „správně“ exponovaný?

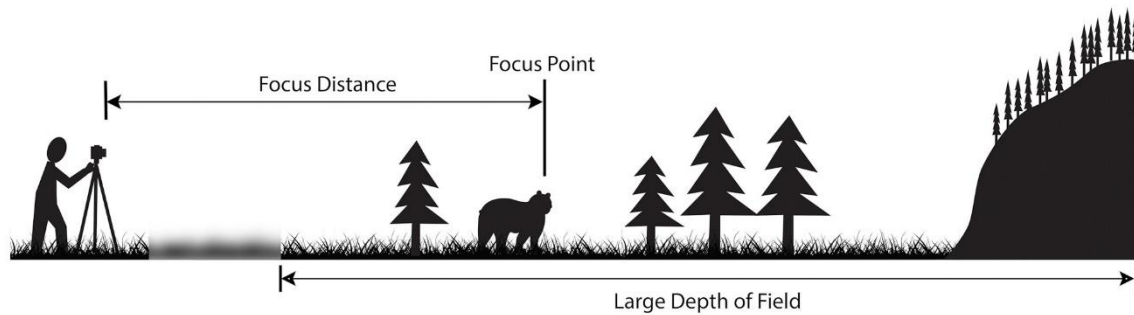
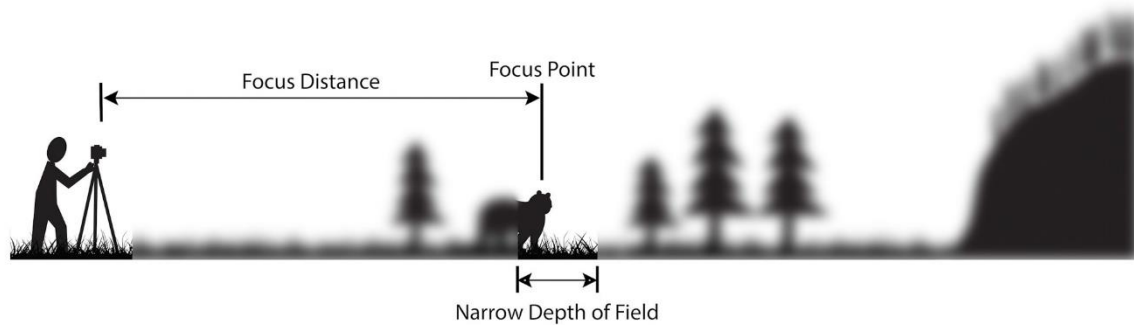


Závěrka (shutter)

- Je mechanická součást kamery, umožňující vstup světla k snímacímu prvku fotoaparátu po přesně stanovenou dobu
- [Animace funkce závěrky](#)

Clona (aperture)

- Mechanická součást objektivu, která reguluje množství světla procházejícího objektivem
- Ovlivňuje hloubku ostrosti



f/2.8



f/16



Citlivost snímače (ISO, gain)

- Známe také jako odezva snímače na světlo
- Hardwarová záležitost – zvýšení napětí na senzoru tak, aby byl více citlivý na dopadající světlo
- Zesílení signálů má přímý vliv na množství šumu v obraze
- Dvojnásobná citlivost ISO snižuje potřebný expoziční čas na polovinu




ISO vs Gain

- Dva technické názvy pojednávající o tom stejném, pouze v jiných jednotkách
- ISO je bezrozměrná jednotka, gain se udává v dB (běžná jednotka zesílení)
- Gain je terminologie známá spíše v oboru videa, ISO je zažitý pojem z fotografie z dob, kdy se využíval světlo citlivý film.
- V dnešní době už se převážně využívá stupnice ISO
- Změna gainu o 6 dB je stejná jako dvojnásobná/poloviční změna ISO
- Referenční hodnota (žádné zesílení) gainu je vždy 0 dB, u ISO ale není pevně stanovena a produkty různých výrobců mohou mít rozdílné native/base ISO – např. ISO 25, 100, 160, apod.

Náš případ

- Kamery od Basleru, které máme na cvičení, využívají parametr Gain
- Aby, to nebylo příliš jednoduché, zadává se GainRaw (ne rovnou Gain)
- Od nějaké určité hodnoty (threshold) již nelze signál analogově zesilovat a použije se softwarové zesvětlení
- Pro každou kameru lze nalézt v dokumentaci

Your camera model: [acA1920-50gc](#) 



Specifics

Gain Properties

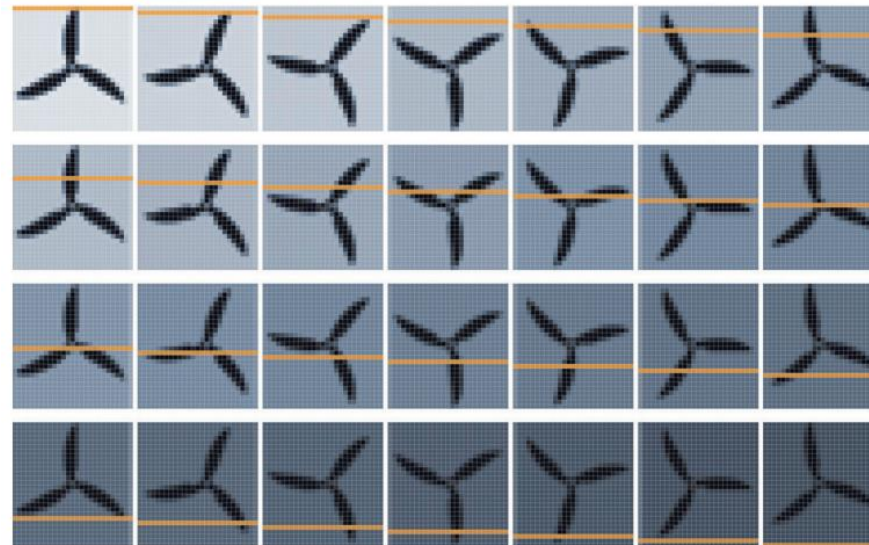
Camera Model	User-Settable Gain Control?	Gain Control Mechanism	Threshold	Gain Must be Entered as ...	Formula to Calculate Gain from Raw Gain Values
acA1920-50gc	No	Above the threshold, analog gain automatically switches to digital gain	240	Raw	$\text{Gain} = 0.1 \times \text{GainRaw}$

Show all camera models

Camera Model	Minimum Gain Setting	Minimum Gain Setting with Vertical Binning Enabled	Maximum Gain Setting (8-bit Pixel Formats)	Maximum Gain Setting (10-bit Pixel Formats)	Maximum Gain Setting (12-bit Pixel Formats)
acA1920-50gc	0	-	360	-	240

Global shutter vs rolling shutter

- <https://www.premiumbeat.com/blog/know-the-basics-of-global-shutter-vs-rolling-shutter/>
- Doporučené čtení na dlouhé zimní večery - [https://www.baslerweb.com/fp-1528105088/media/en/downloads/documents/white_papers/BAS1401_White Paper Rolling Shutter.pdf](https://www.baslerweb.com/fp-1528105088/media/en/downloads/documents/white_papers/BAS1401_White_Paper_Rolling_Shutter.pdf)



Global shutter vs rolling shutter

- Která z uvedených shutter technologií se hodí více do průmyslových aplikací a proč?
- Proč se nevyužívá jen global shutter?

Prevence rolling shutter efektu

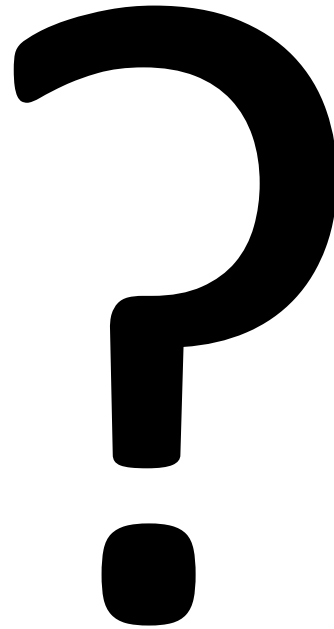
- Zábleskové světlo
- Delší expoziční čas
- Zvýšení snímkovací frekvence

Pohybová neostrost

- Způsobena moc dlouhým expozičním časem
- Neplést s rolling shutter efektem



Zvýšení citlivosti kamery



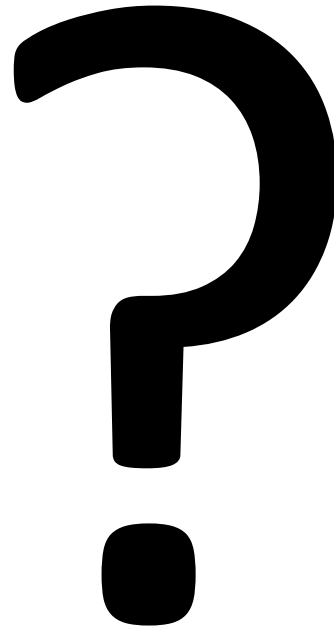
Zvýšení citlivosti kamery

- Gain
 - Analogové zesílení signálu z čipu
 - Zvýší se i šum
- Expoziční čas
 - Sníží se snímková frekvence
- Digitální posuv výstupu A/D převodníku
 - Zvýší se šum
- Binning
 - Sníží se rozlišení



© Lightroom Fanatic
www.lightroomfanatic.com

Zvýšení snímkové frekvence



Zvýšení snímkové frekvence

- Omezení oblasti zájmu
 - Zmenší se zorné pole
- Binning
 - Sníží se rozlišení
 - Nefunguje u všech kamer
- Pozor na expoziční čas
- Pozor na zvolenou bitovou hloubku

