

# Strojové vidění a fyzikální podstata

Strojové vidění a zpracování obrazu  
BI-SVZ

# Strojové vidění

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



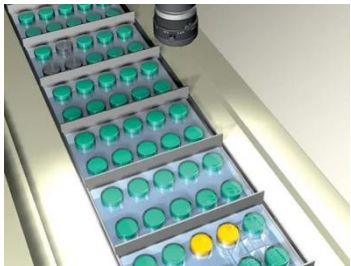
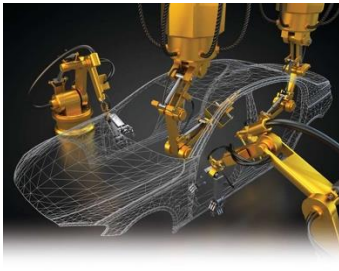
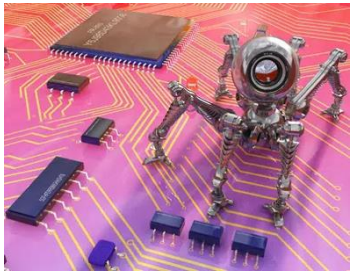
# Strojové vidění – cíle

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



# Obory strojového vidění

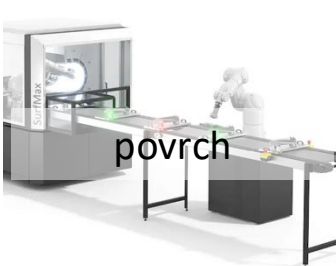
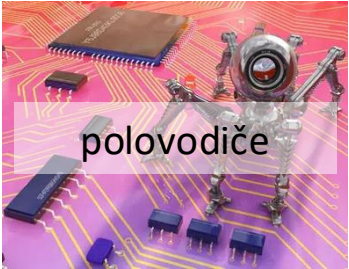
## Výrobní průmysl





# Obory strojového vidění

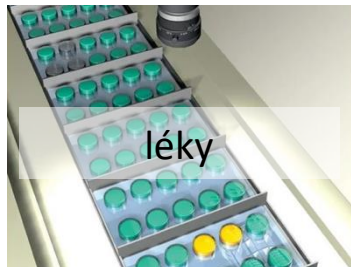
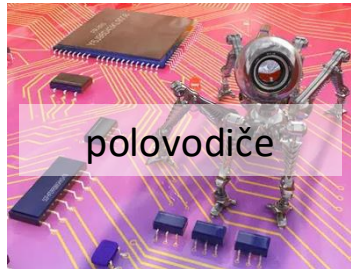
## Výrobní průmysl



# Obory strojového vidění

## Výrobní průmysl

## Doprava

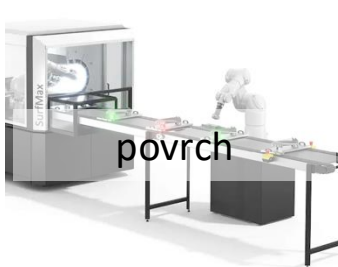
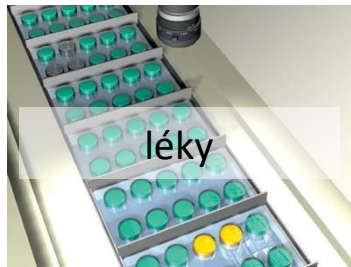
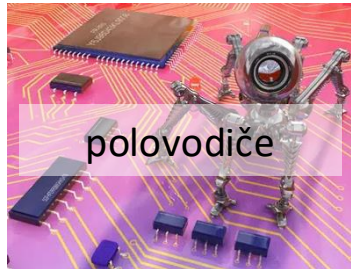




# Obory strojového vidění

## Výrobní průmysl

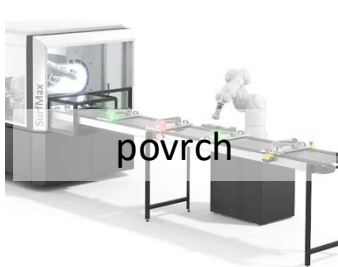
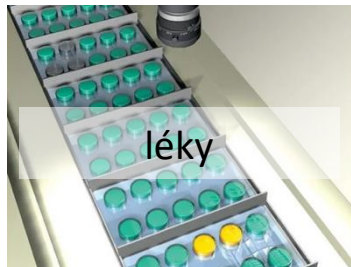
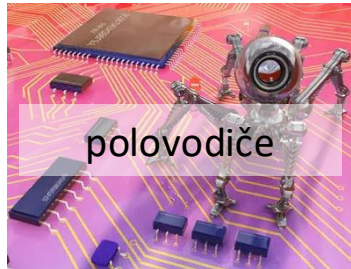
## Doprava





# Obory strojového vidění

## Výrobní průmysl



## Doprava



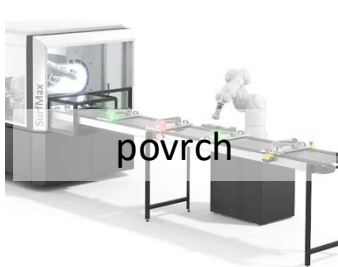
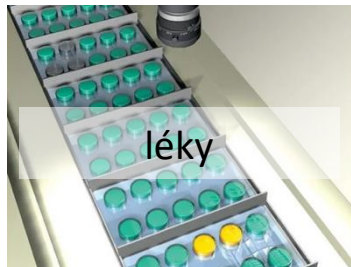
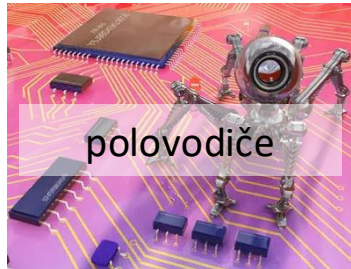
## Bezpečnost





# Obory strojového vidění

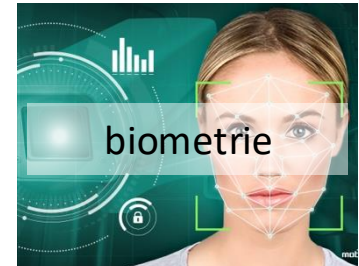
## Výrobní průmysl



## Doprava

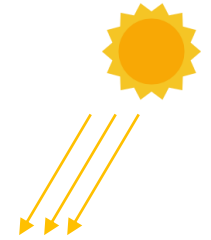


## Bezpečnost



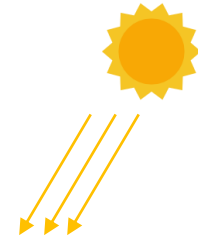
# Vznik obrazu

zdroj energie / osvětlení



# Vznik obrazu

zdroj energie / osvětlení



reálný obraz

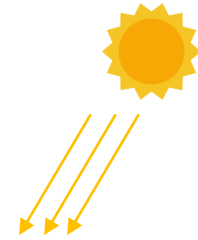


# Vznik obrazu

zobrazovací systém

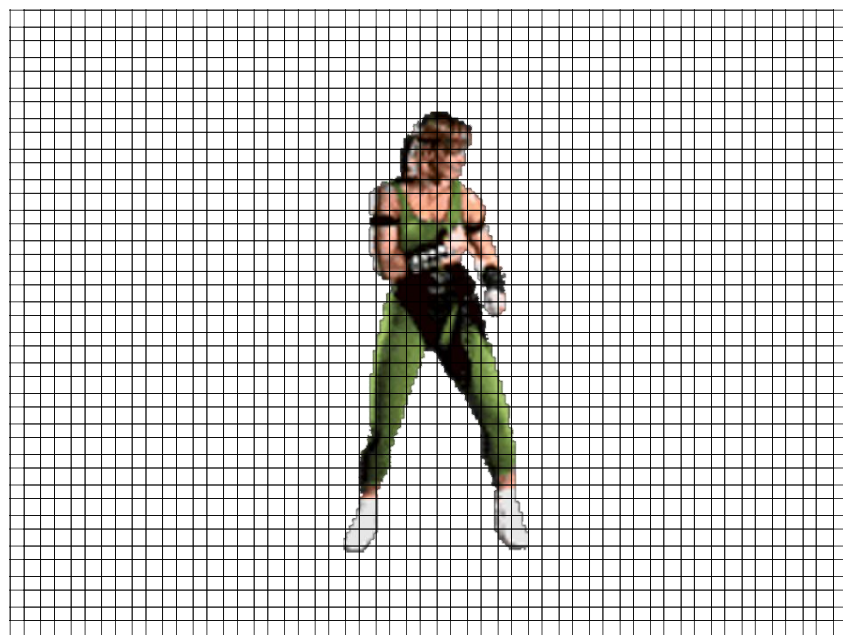


zdroj energie / osvětlení



reálný obraz

# Vznik obrazu



výstup / digitální obraz

zobrazovací systém

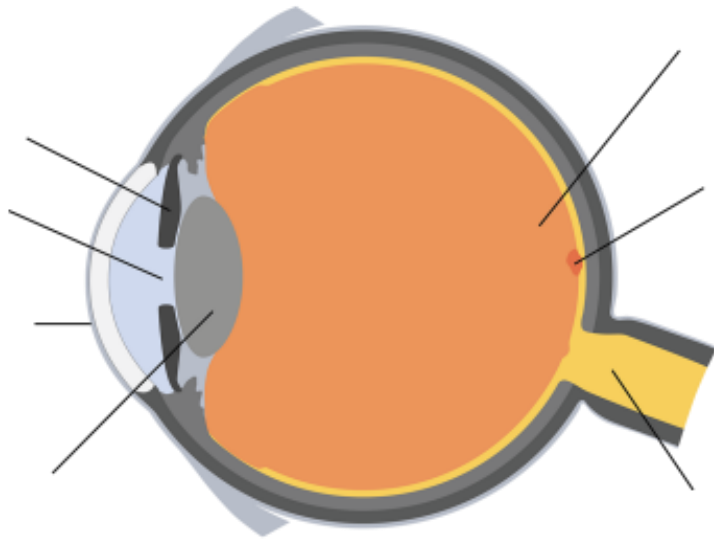


reálný obraz

zdroj energie / osvětlení



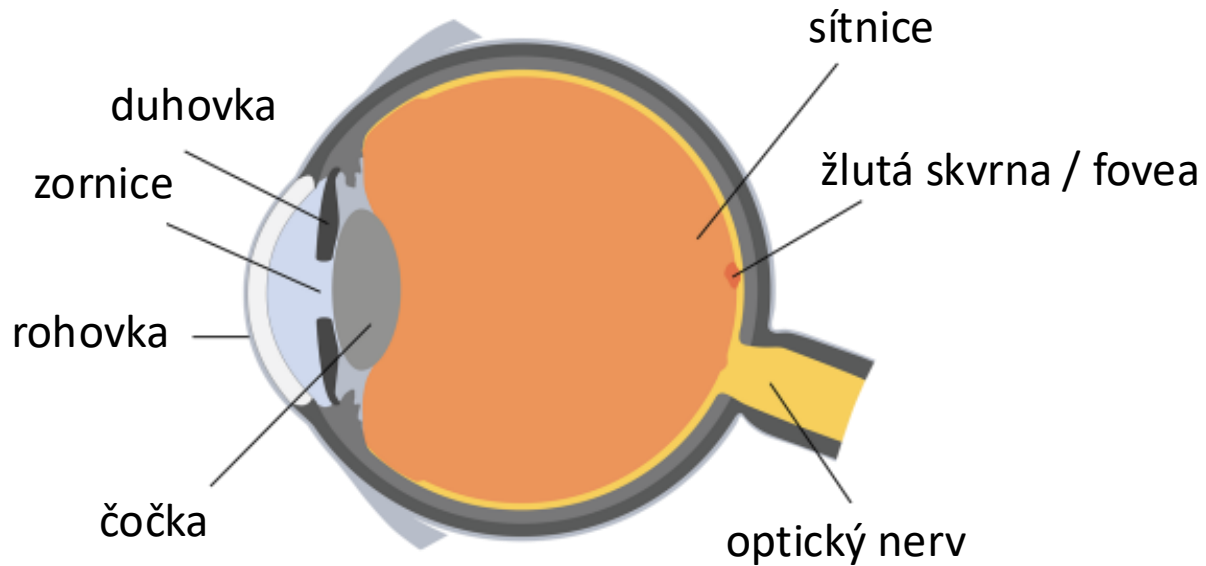
# Optická soustava – lidské oko



Fyziologie oka, [https://is.muni.cz/www/345402/66012191/Fyziologie\\_oka.pdf](https://is.muni.cz/www/345402/66012191/Fyziologie_oka.pdf)

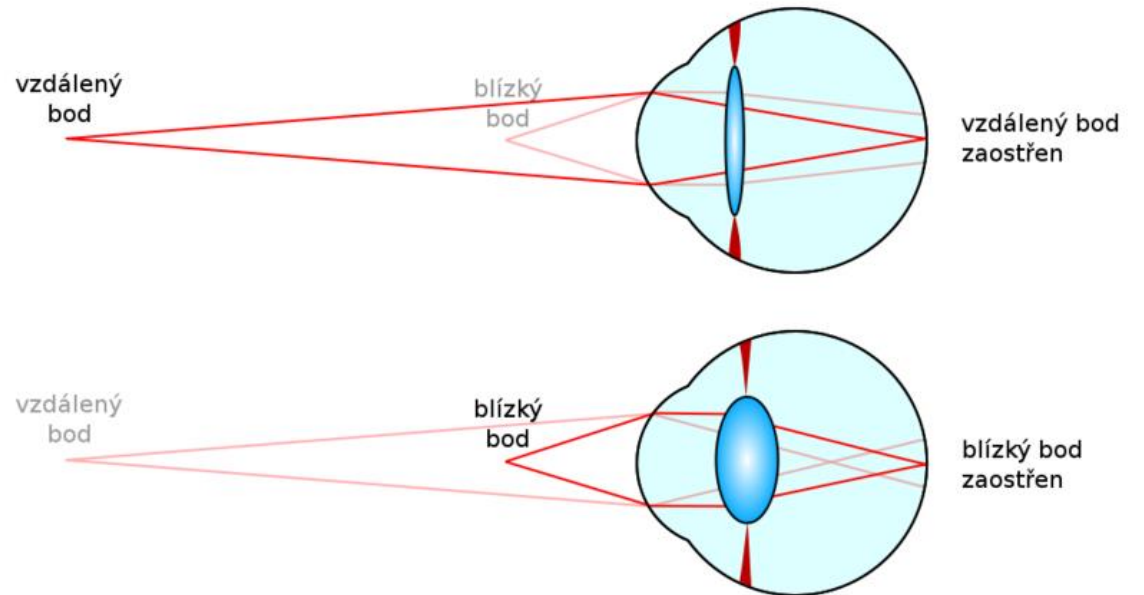
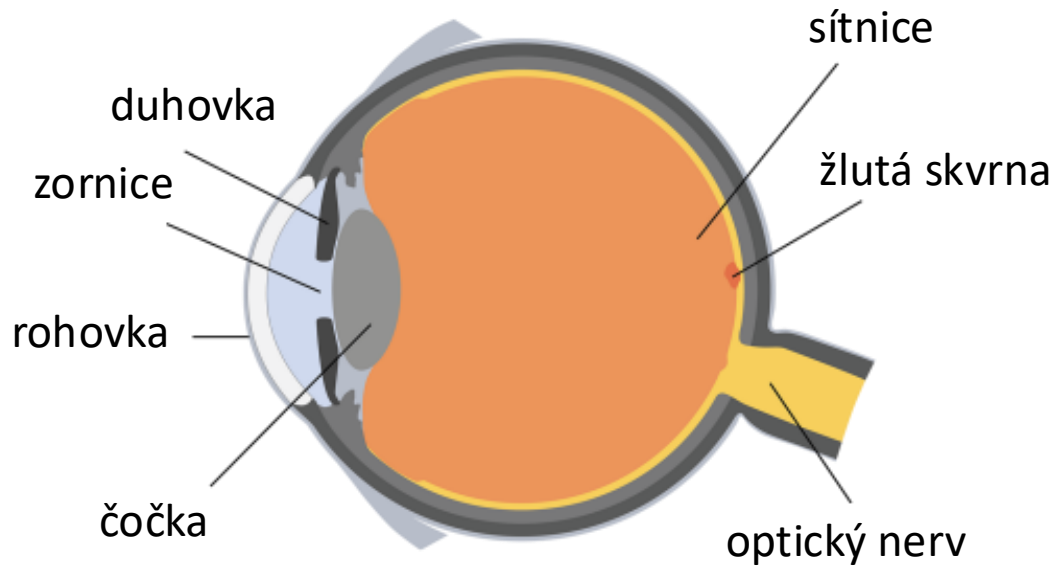


# Optická soustava – lidské oko

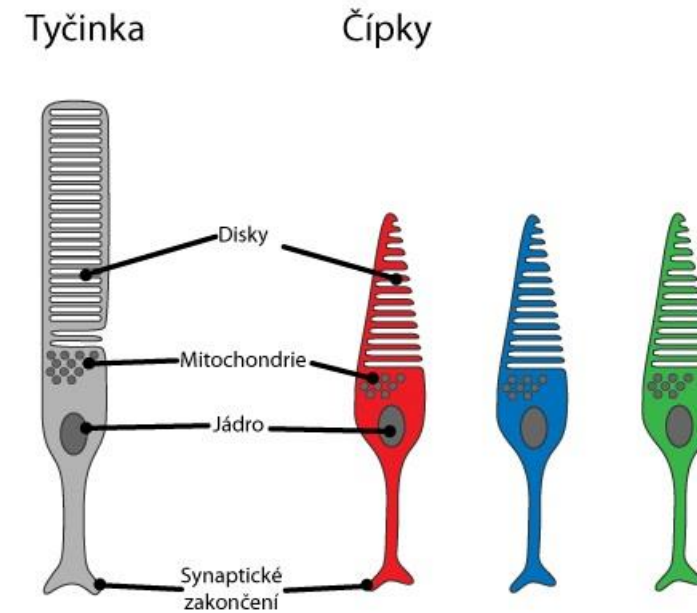
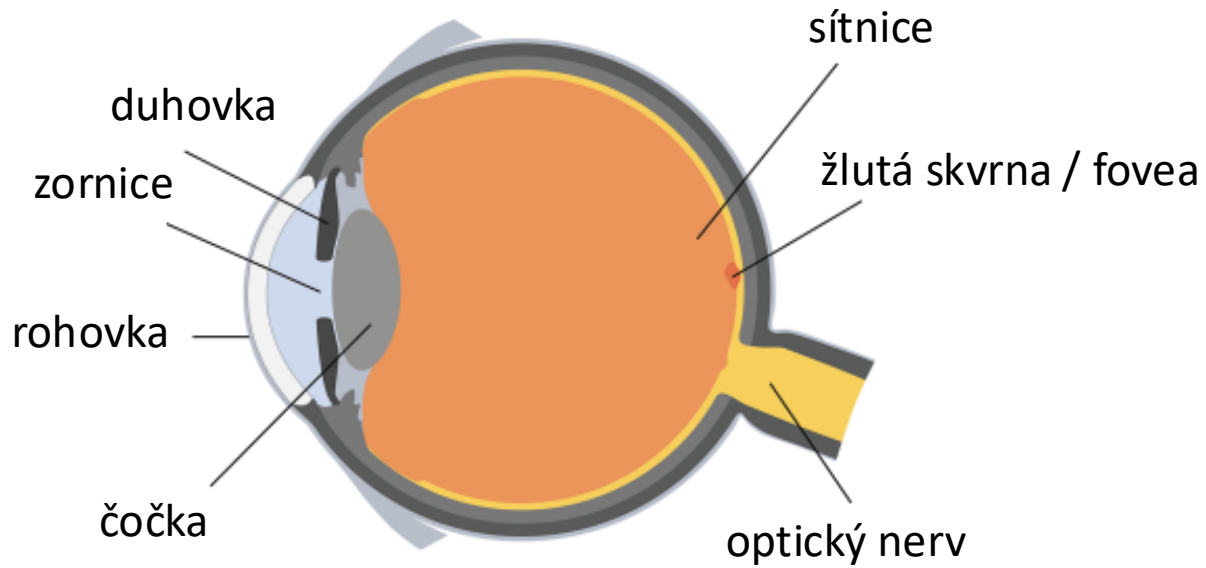


slepá skvrna ?

# Optická soustava – ostření



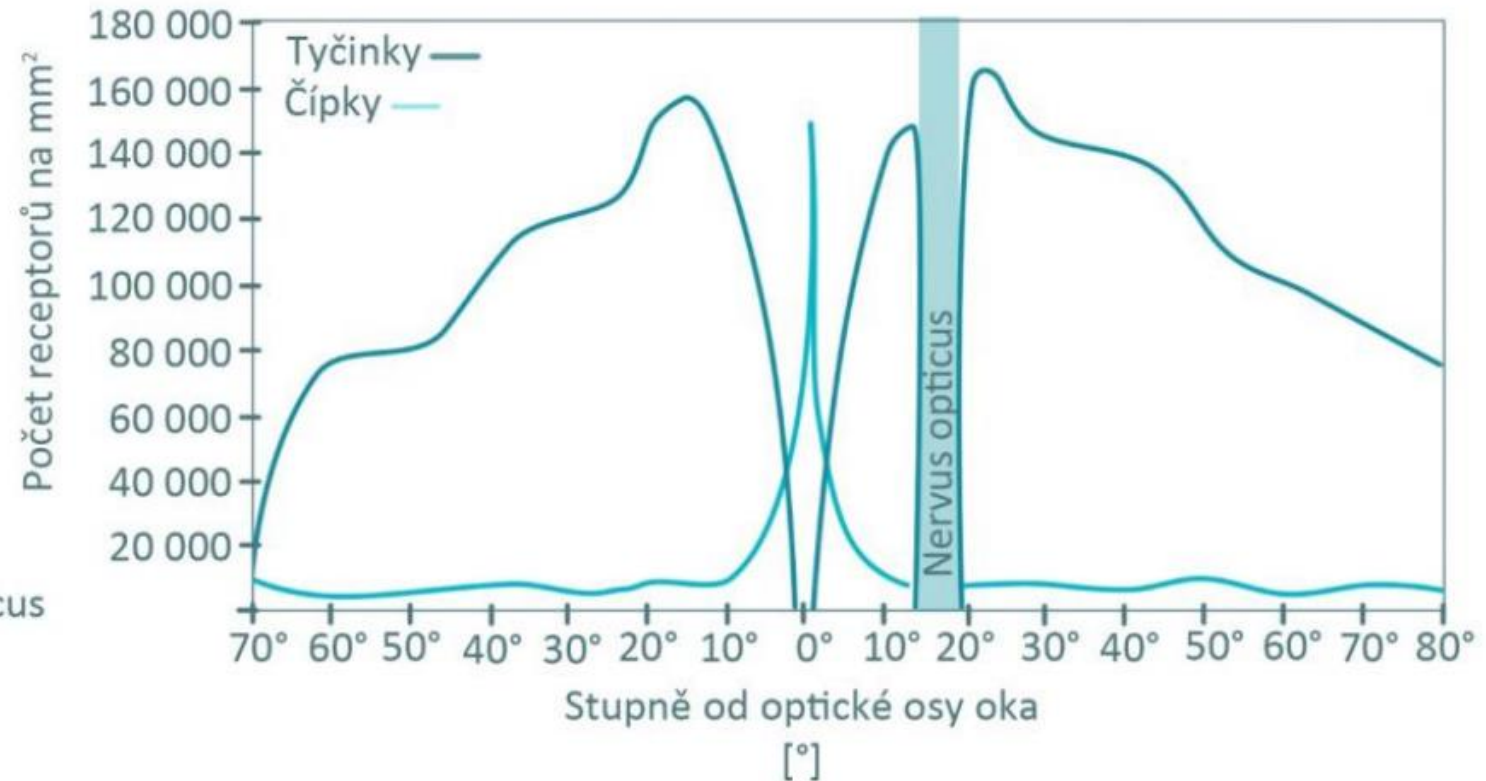
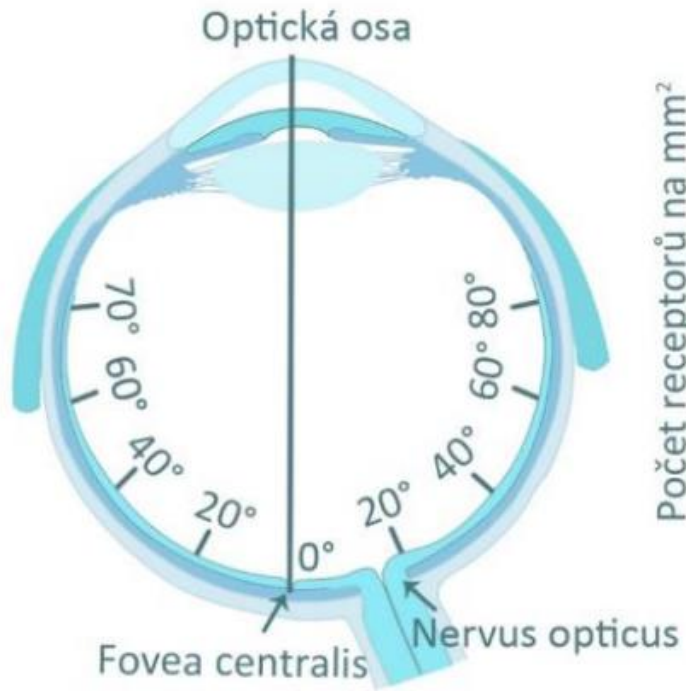
# Optická soustava – senzory



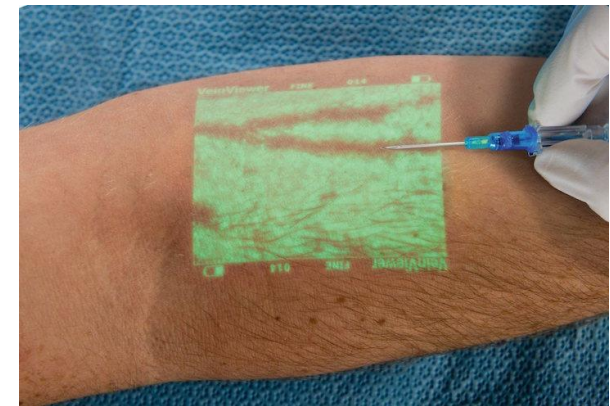
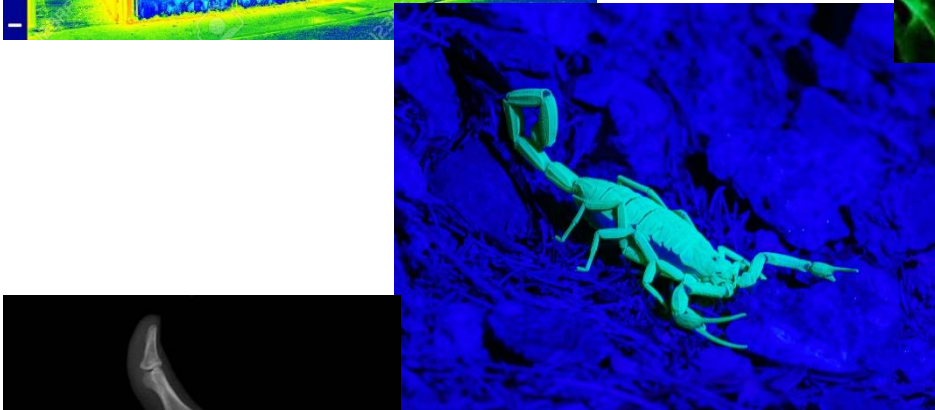
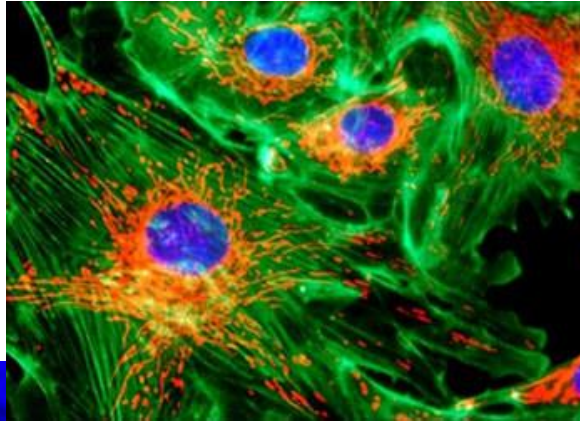
Fyziologie oka, [https://is.muni.cz/www/345402/66012191/Fyziologie\\_oka.pdf](https://is.muni.cz/www/345402/66012191/Fyziologie_oka.pdf)



# Optická soustava – senzory

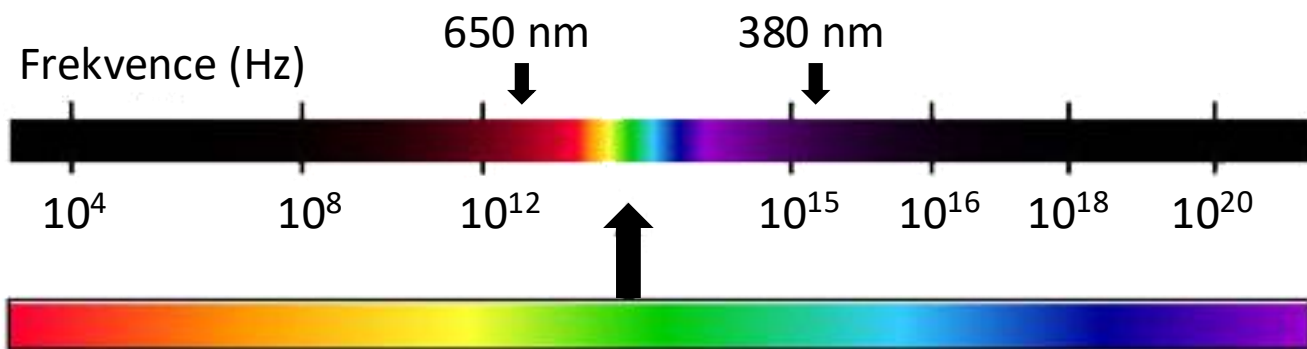
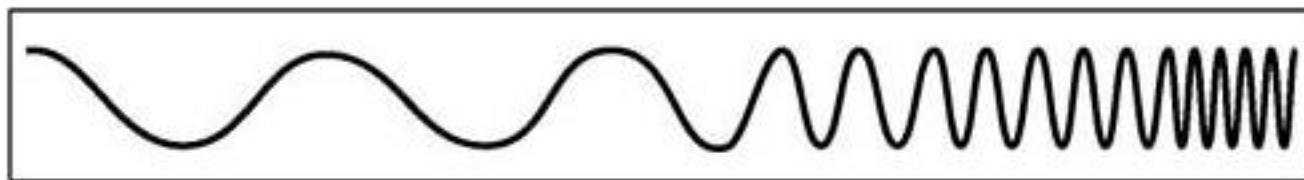
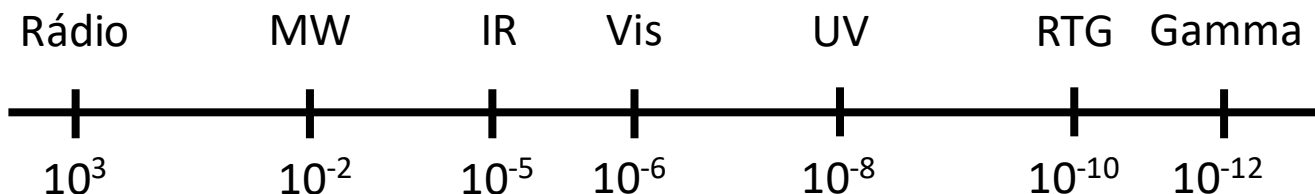


# Elektromagnetické spektrum



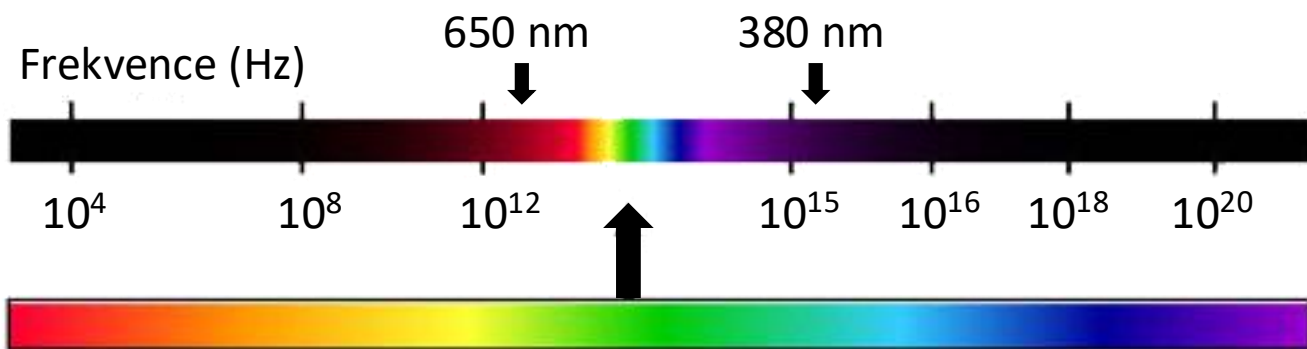
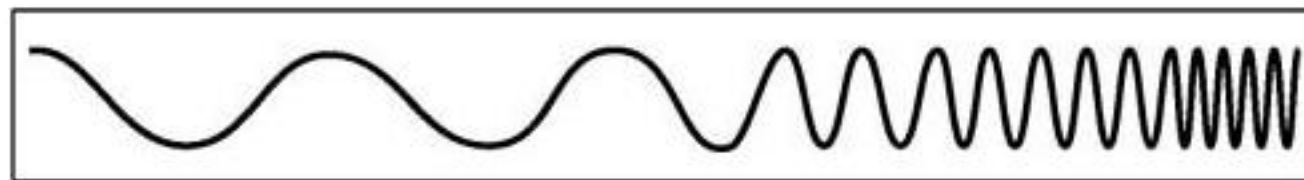
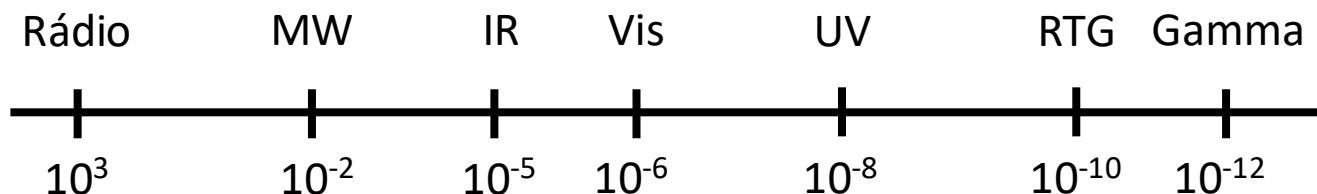
# Elektromagnetické spektrum

Vlnová délka (m)



# Elektromagnetické spektrum

Vlnová délka (m)



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

$\lambda$  ... vlnová délka

$c$  ... rychlost světla

$f$  ... frekvence vlnění

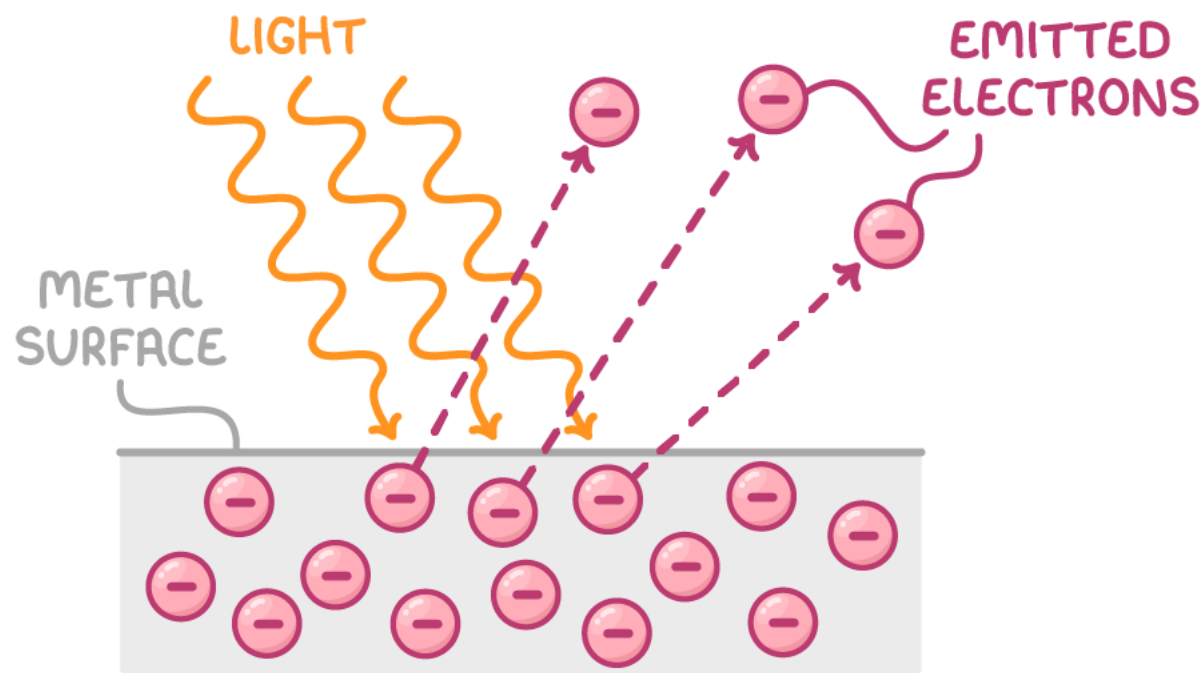
$T$  ... perioda vlnění

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

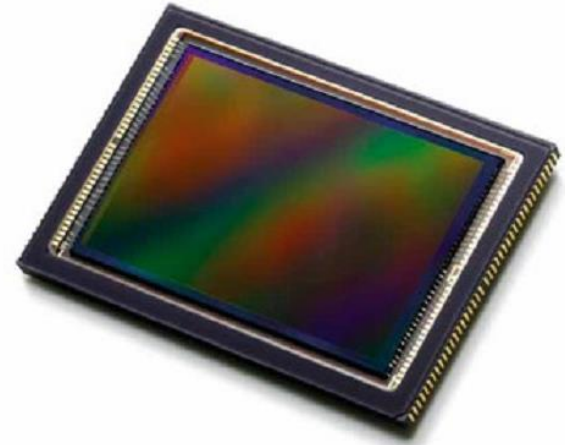
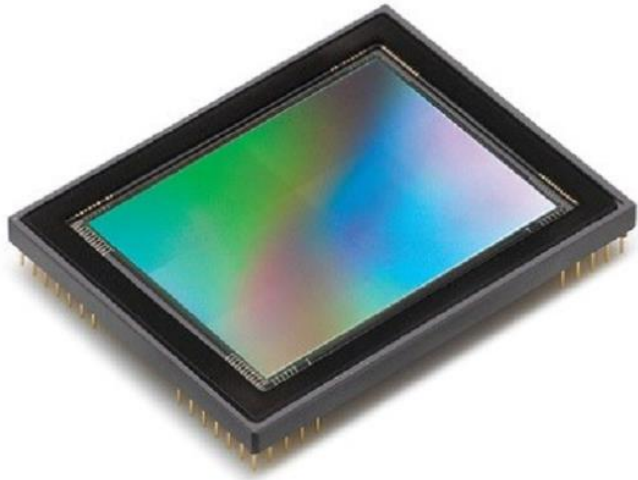


# Fotoelektrický jev

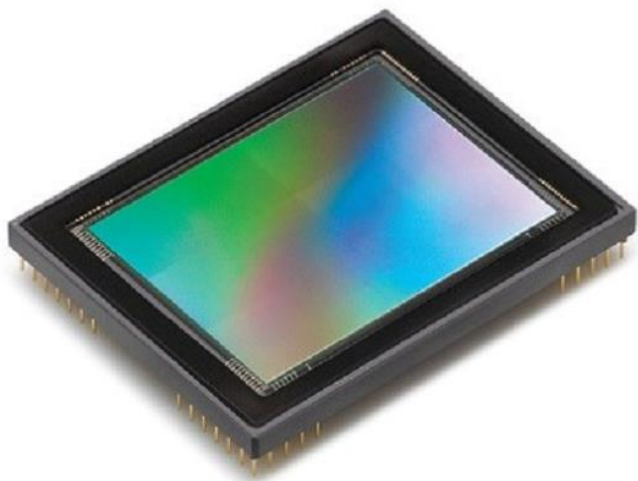
- Emise elektronů z materiálu, když materiál absorbuje (světlo) fotony s dostatečně vysokou energií
- Zjednodušeně **počet uvolněných elektronů** závisí na **intenzitě světla** s dostatečnou frekvencí



# Detektory



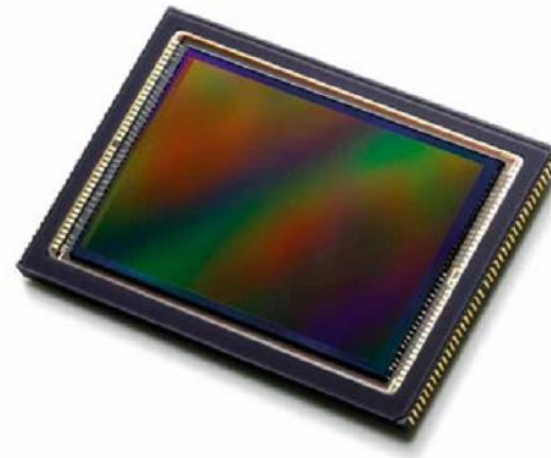
# Detektory



CCD

Kvalita obrazu  
Dynamika  
Nízký šum

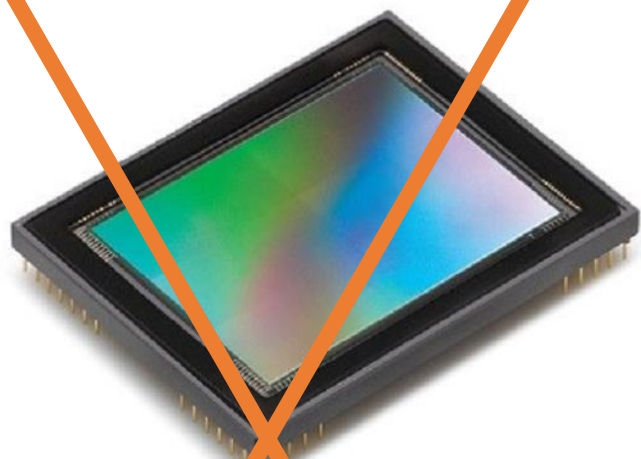
2010



CMOS

Rychlost snímání  
Cena

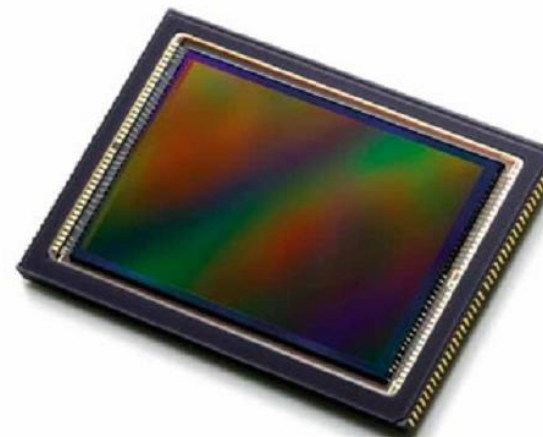
# Detektory



CCD

Kvalita obrazu  
Dynamika  
Nízký šum

2018



CMOS

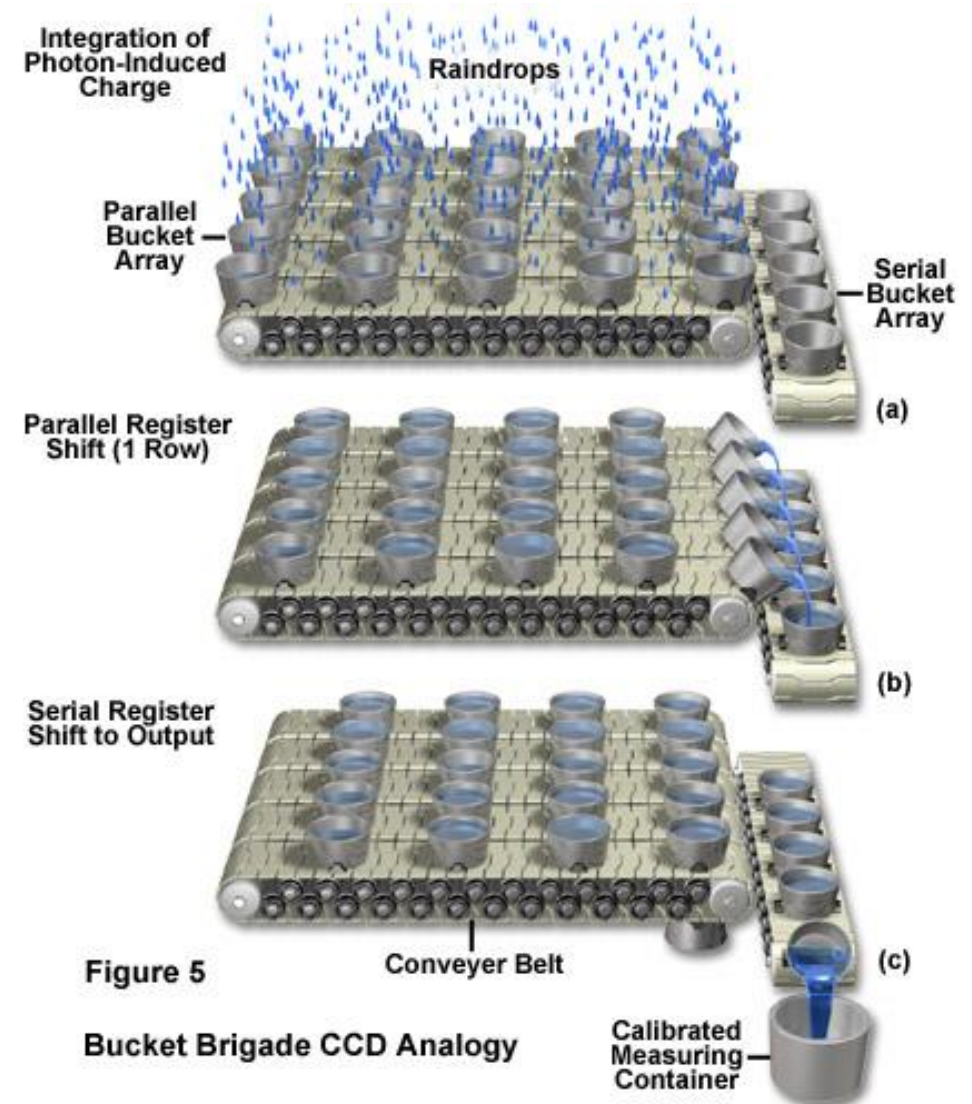
Rychlost snímání  
Cena  
Kvalita obrazu  
Dynamika  
Nízký šum





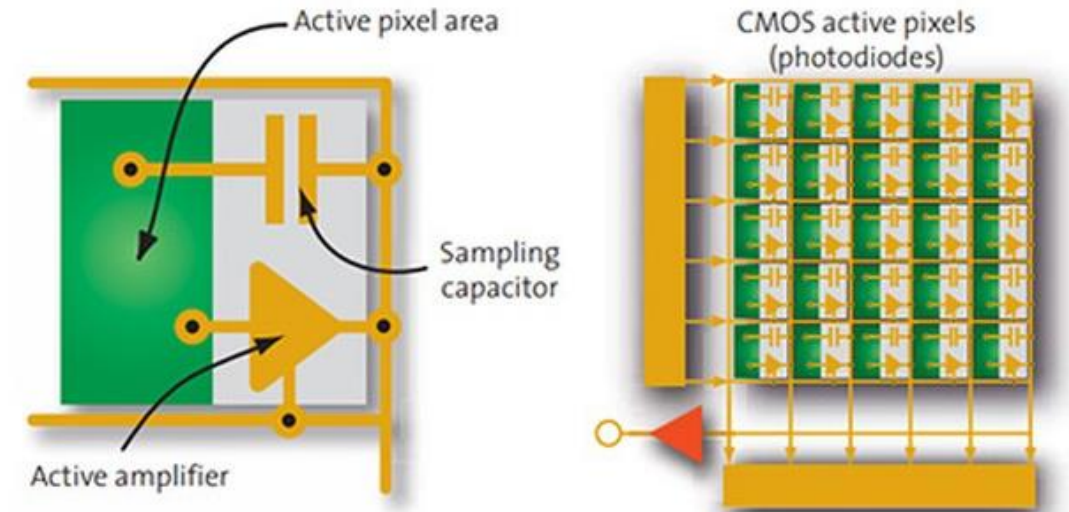
# Detektory – CCD

- Snímání analogového signálu
- Převod energie na napětí
- Přenos napětí po řádcích
- Postupná digitalizace

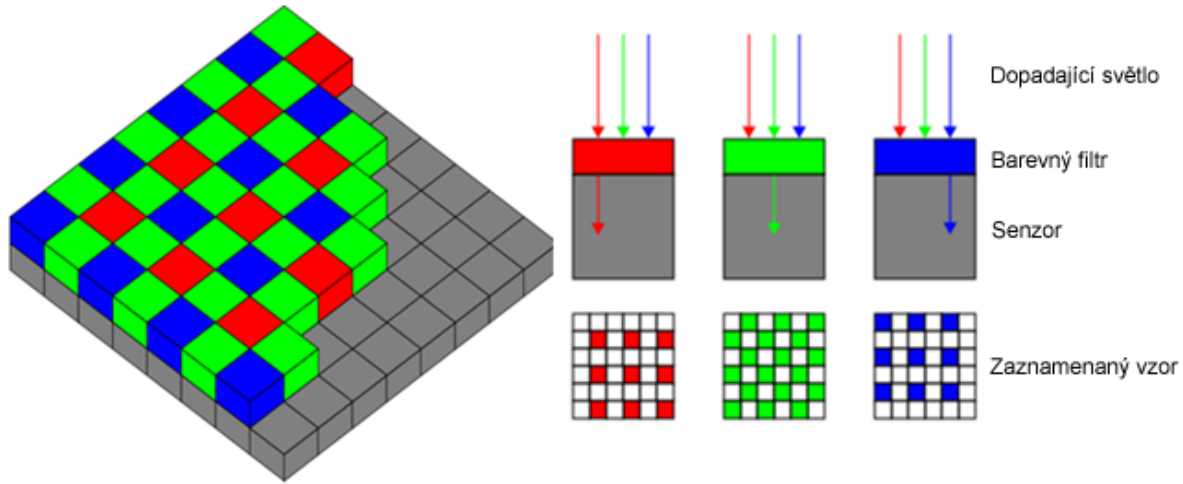


# Detektory – CMOS

- Snímání analogového signálu
- Převod energie na napětí
- Digitalizace v pixelu

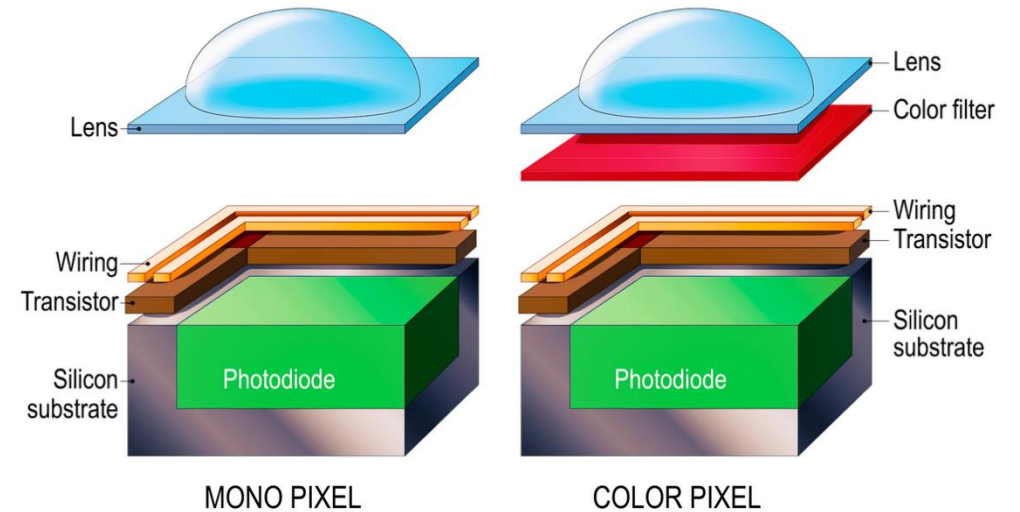


# Vnímání barvy - Bayerova maska

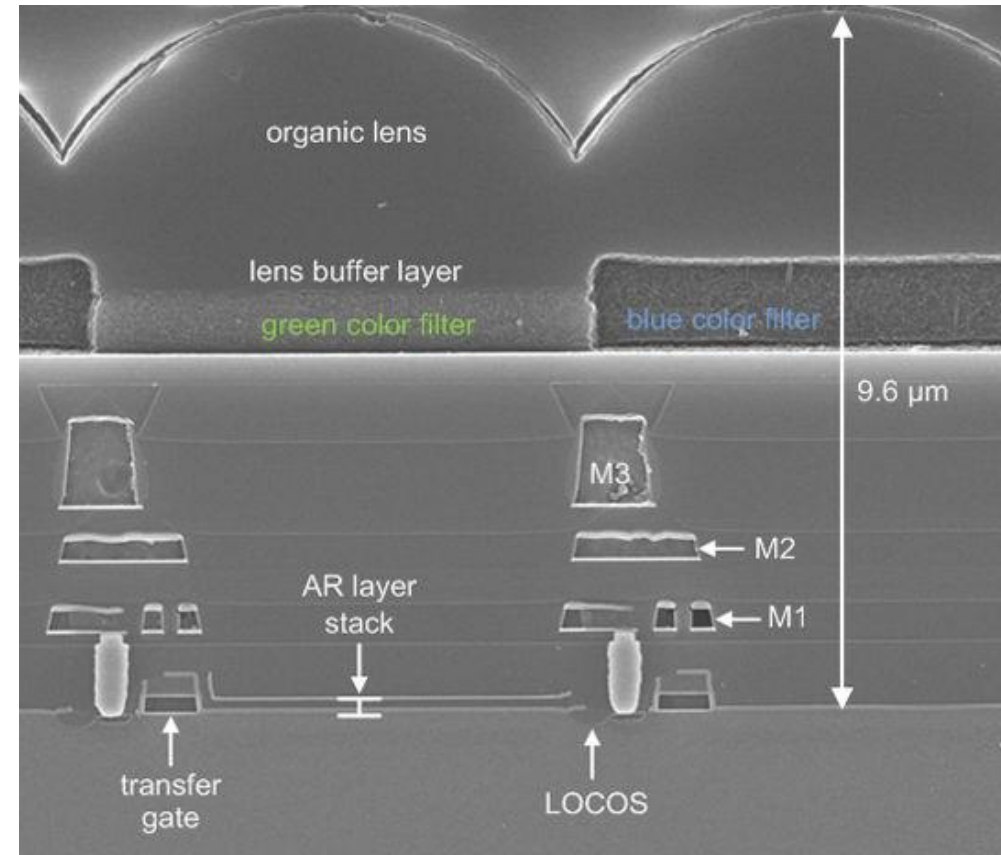
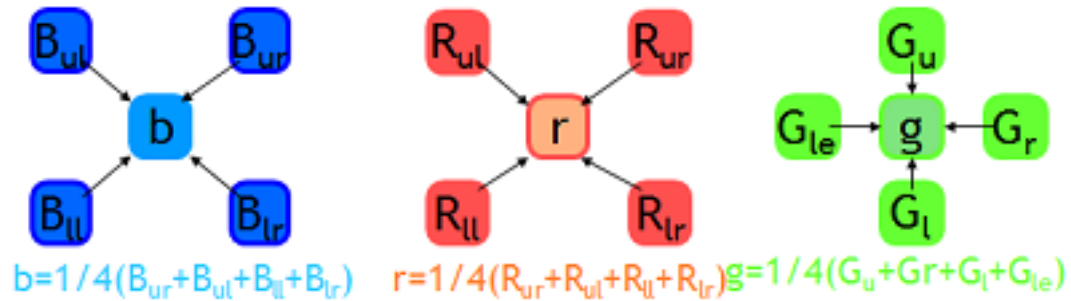
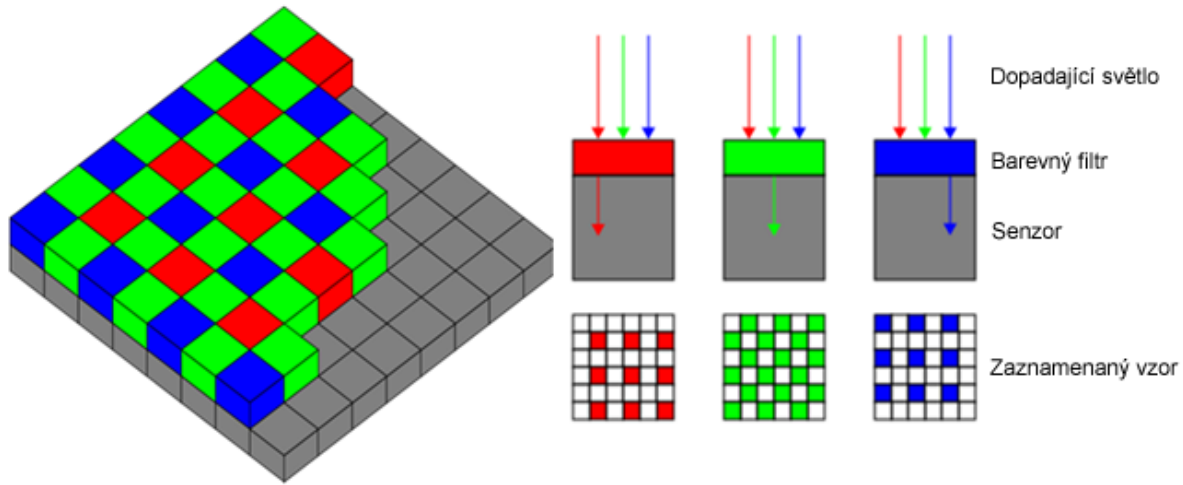


$$\begin{aligned}
 & \begin{array}{c} B_{ul} \quad B_{ur} \\ \swarrow \quad \searrow \\ b \\ \nwarrow \quad \nearrow \\ B_{ll} \quad B_{lr} \end{array} \quad \begin{array}{c} R_{ul} \quad R_{ur} \\ \swarrow \quad \searrow \\ r \\ \nwarrow \quad \nearrow \\ R_{ll} \quad R_{lr} \end{array} \quad \begin{array}{c} G_u \\ \uparrow \\ G_{le} \quad g \quad G_r \\ \downarrow \\ G_l \end{array} \\
 & b = 1/4(B_{ur} + B_{ul} + B_{ll} + B_{lr}) \quad r = 1/4(R_{ur} + R_{ul} + R_{ll} + R_{lr}) \quad g = 1/4(G_u + G_r + G_l + G_{le})
 \end{aligned}$$

## Pixel (image sensor)



# Vnímání barvy - Bayerova maska





# Kapacita buňky

Maximální kapacita

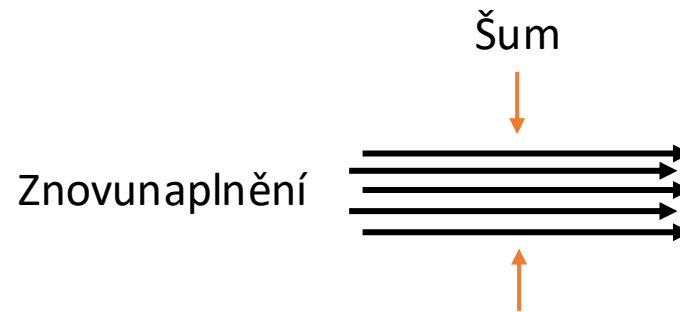


Saturační kapacita



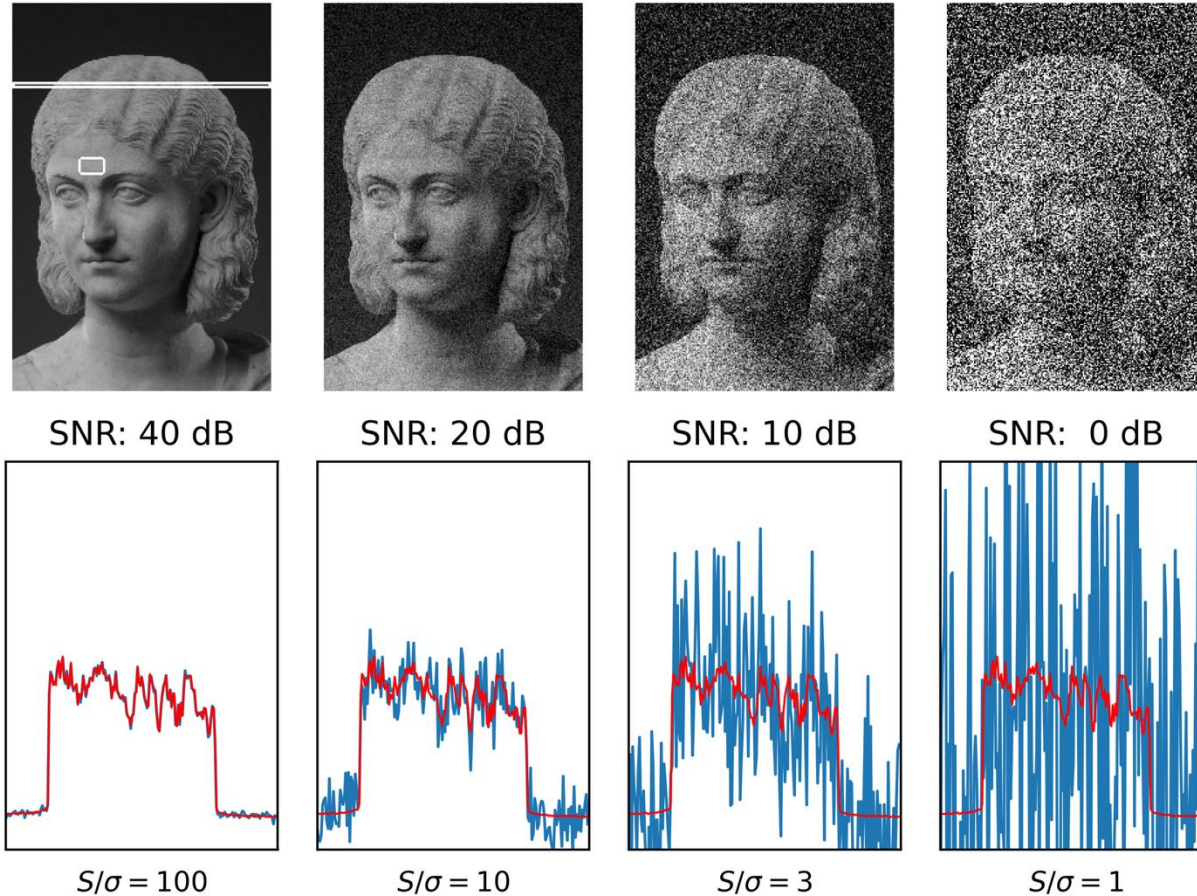
# Odstup signálu od šumu (SNR)

$$\text{SNR} = \frac{\text{signál}}{\text{šum}}$$



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

# Odstup signálu od šumu (SNR)



*„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)

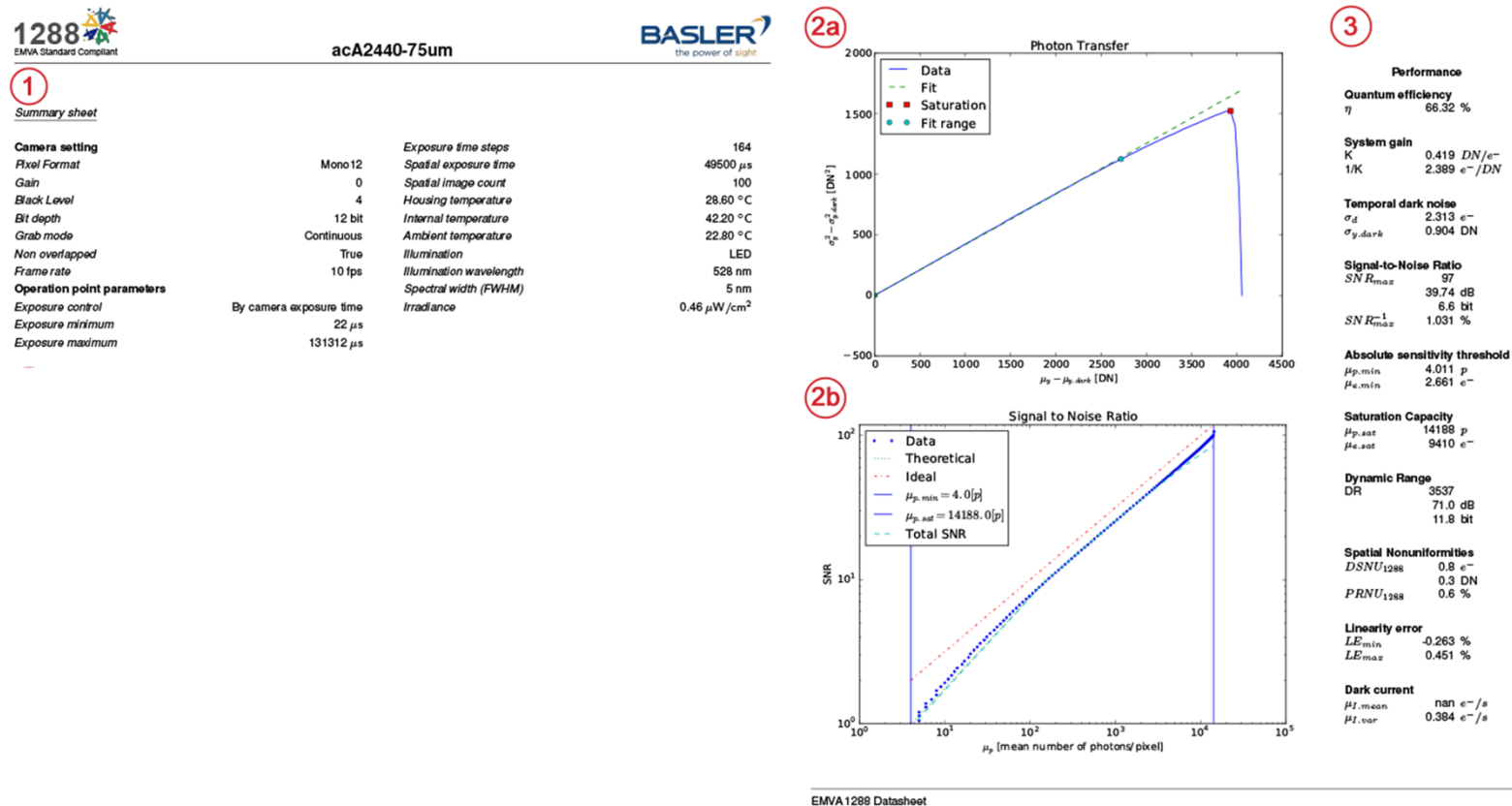
# Dynamický rozsah



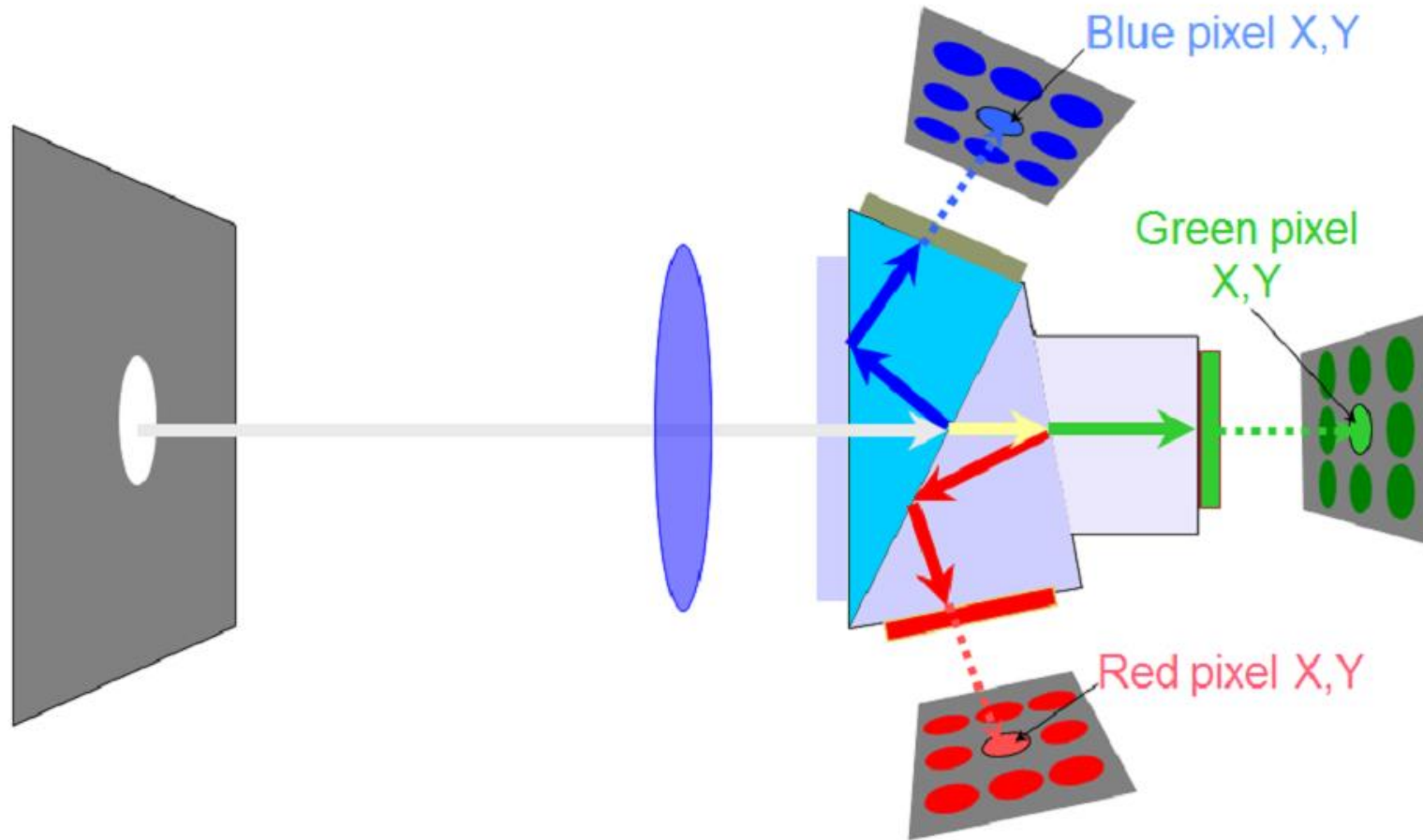
# Proč nás tyto parametry zajímají?

# Proč nás tyto parametry zajímají?

- EMVA 1288
  - Standard umožňující srovnat kamery mezi sebou



# Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS





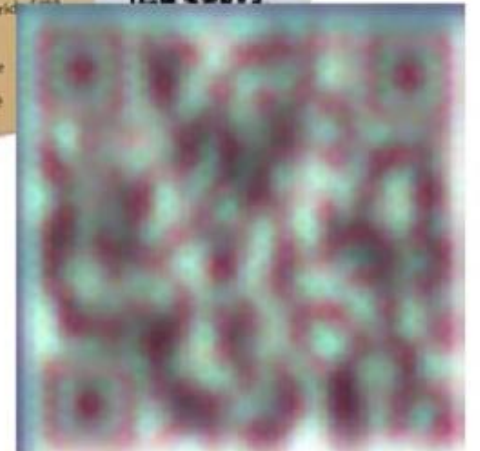
# Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS



3CCD  
2 MP



Bayer  
2 MP



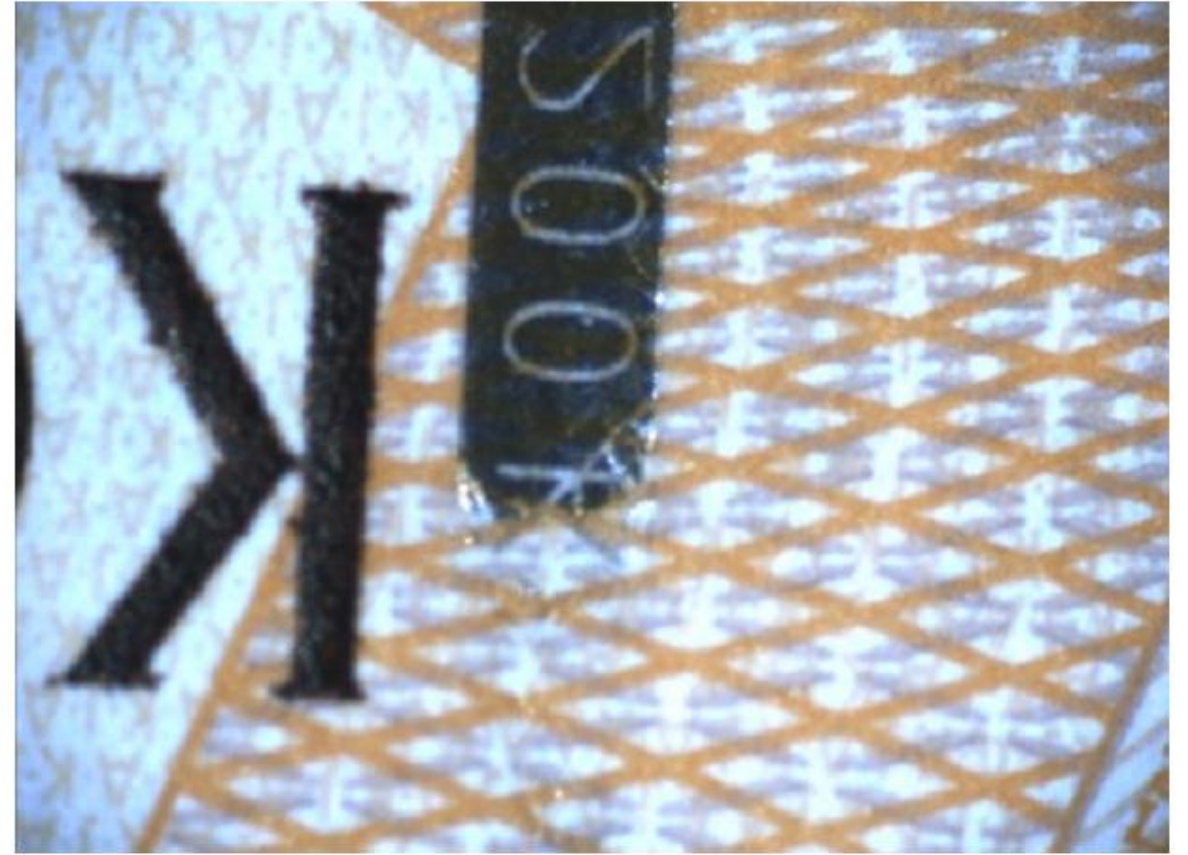
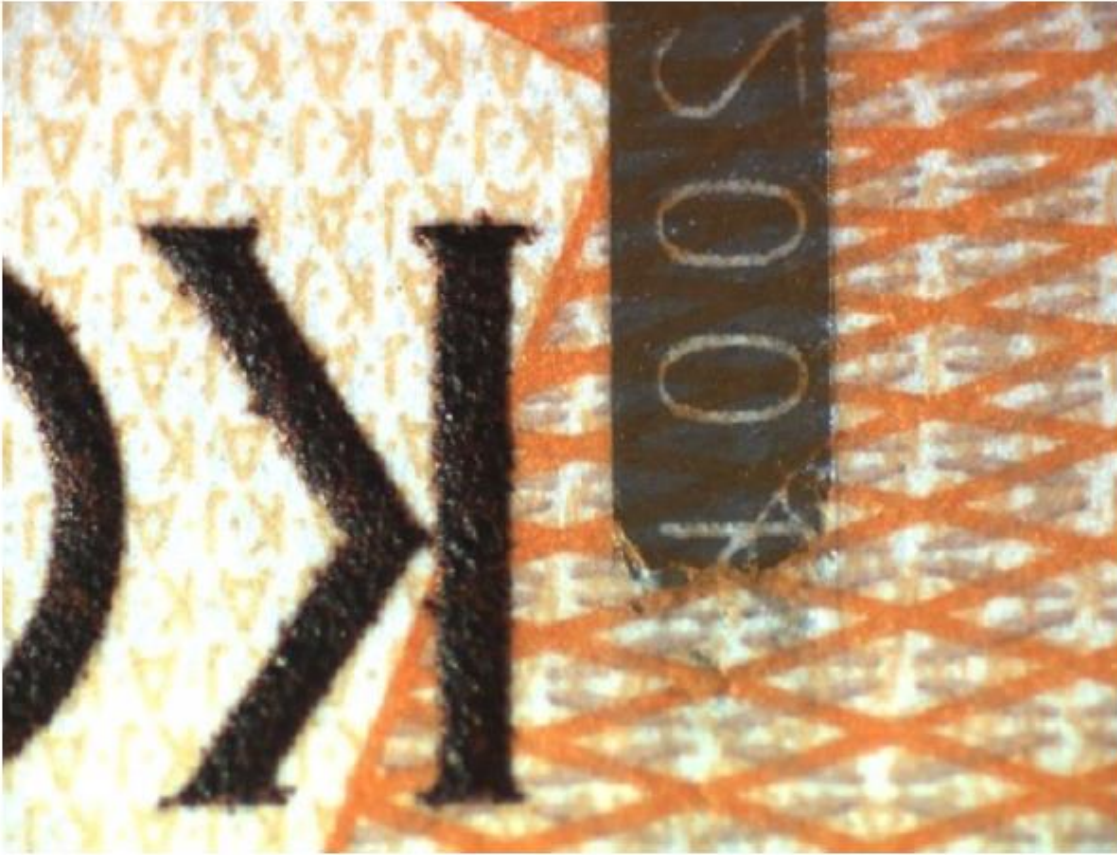


# Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS

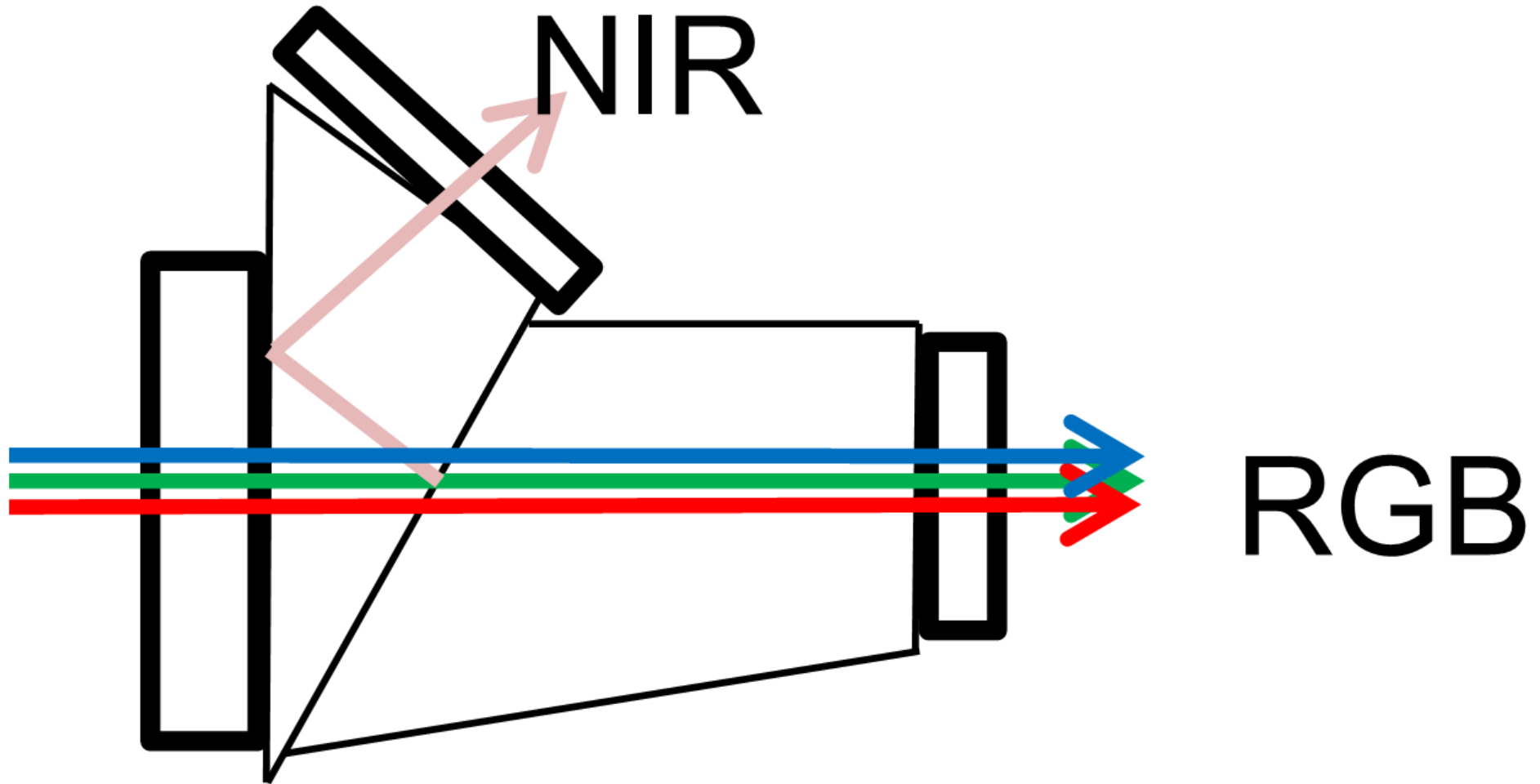




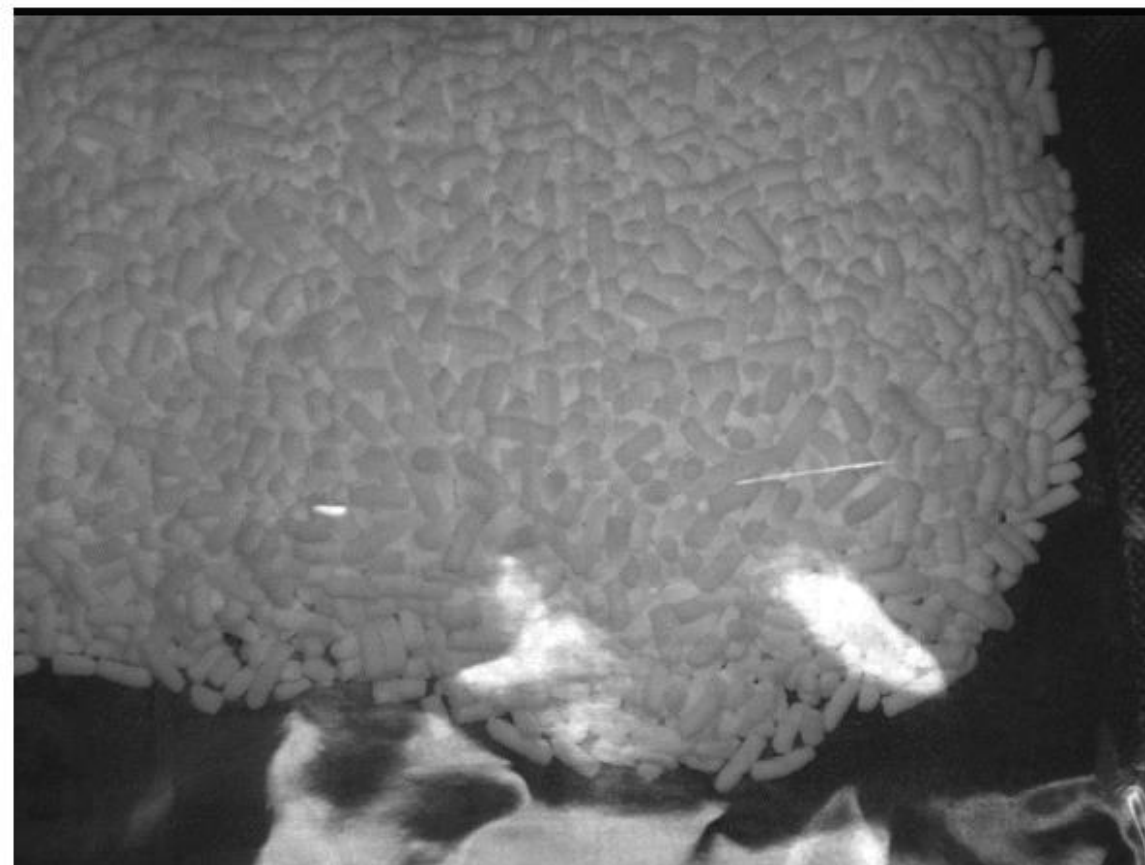
# Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS



# Multispektrální kamery – NIR

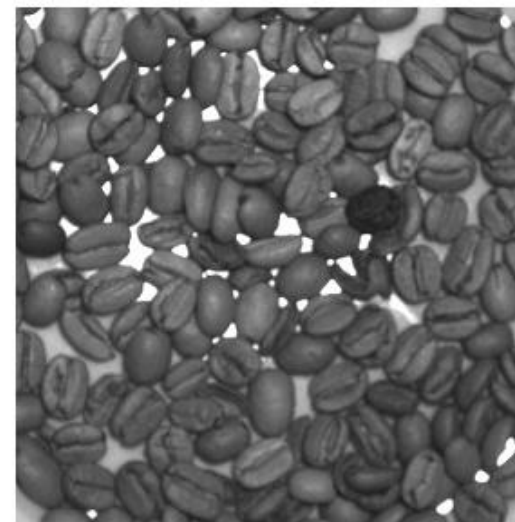
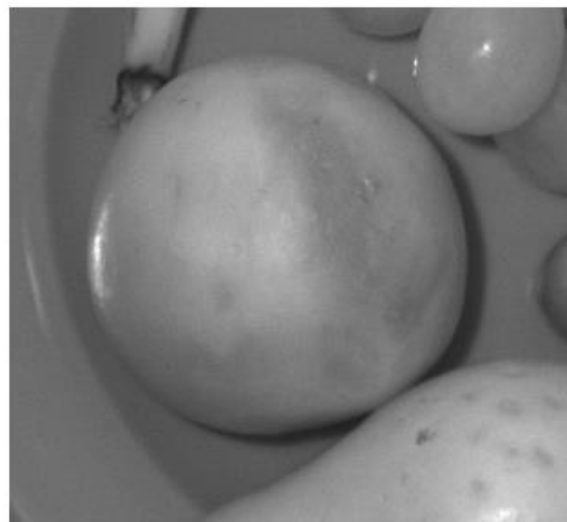
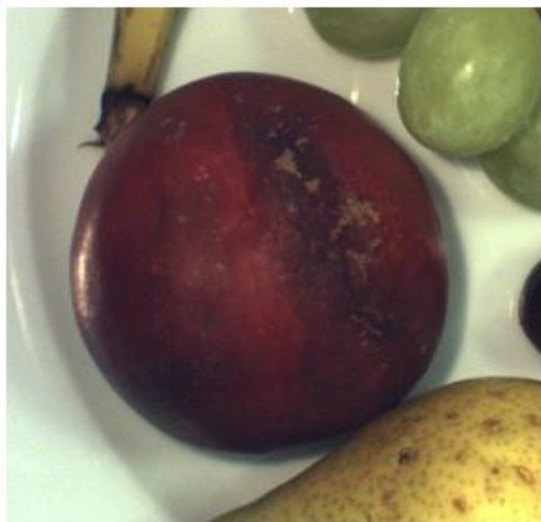


# Multispektrální kamery

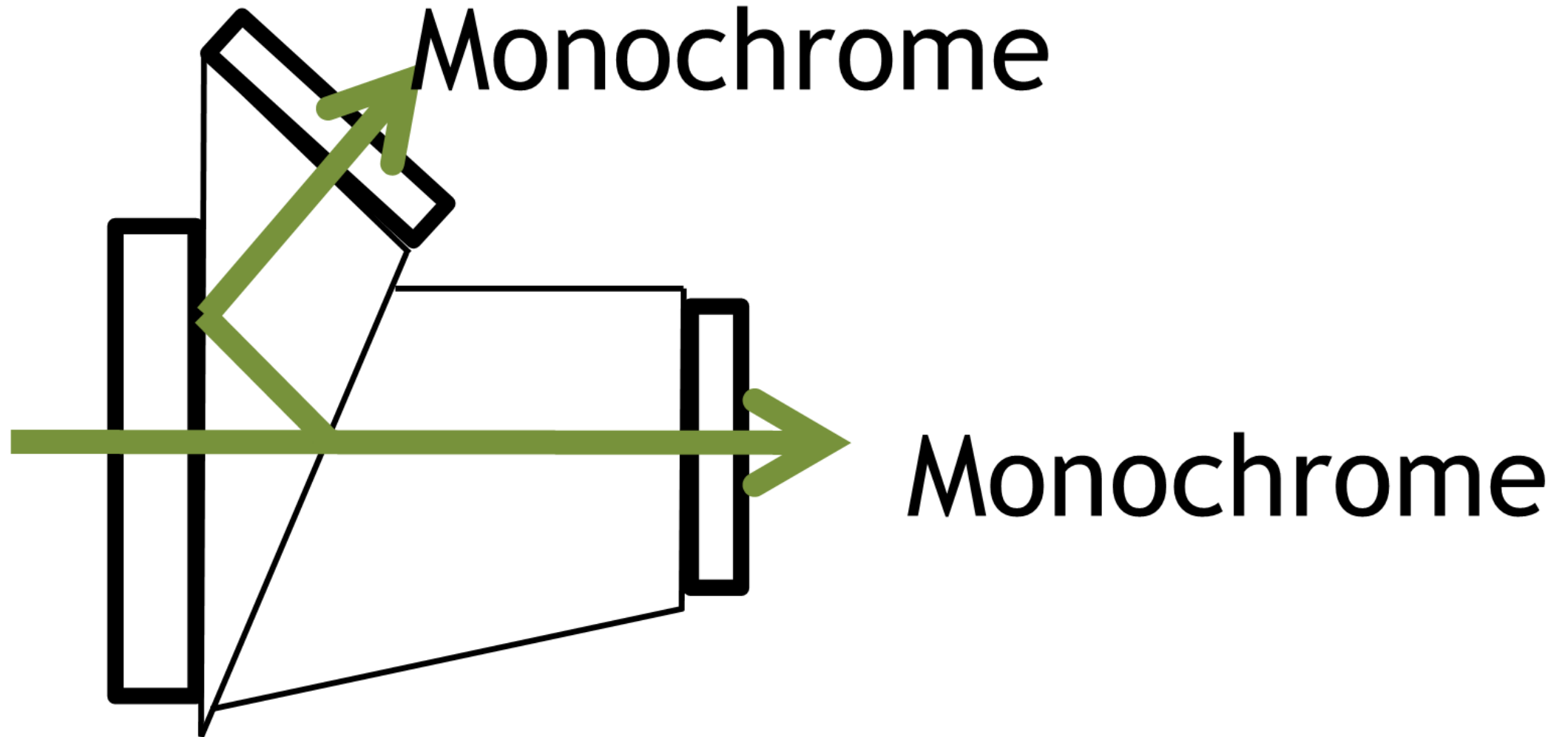




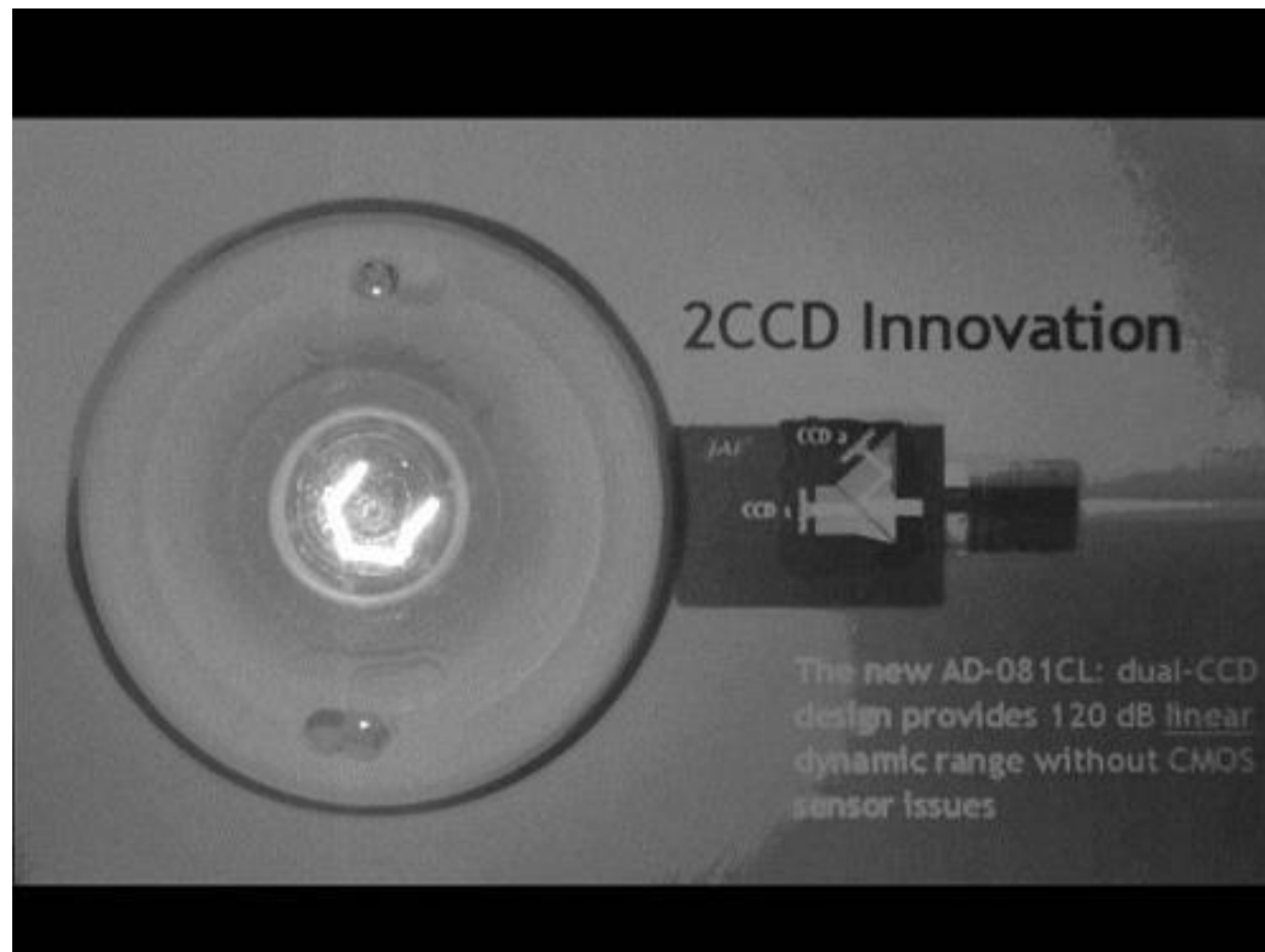
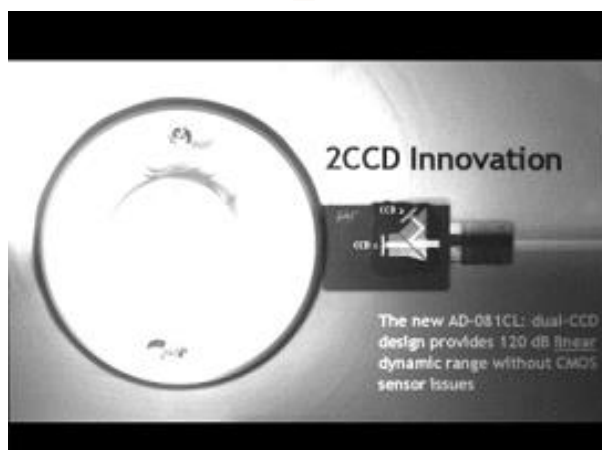
# Multispektrální kamery



# 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

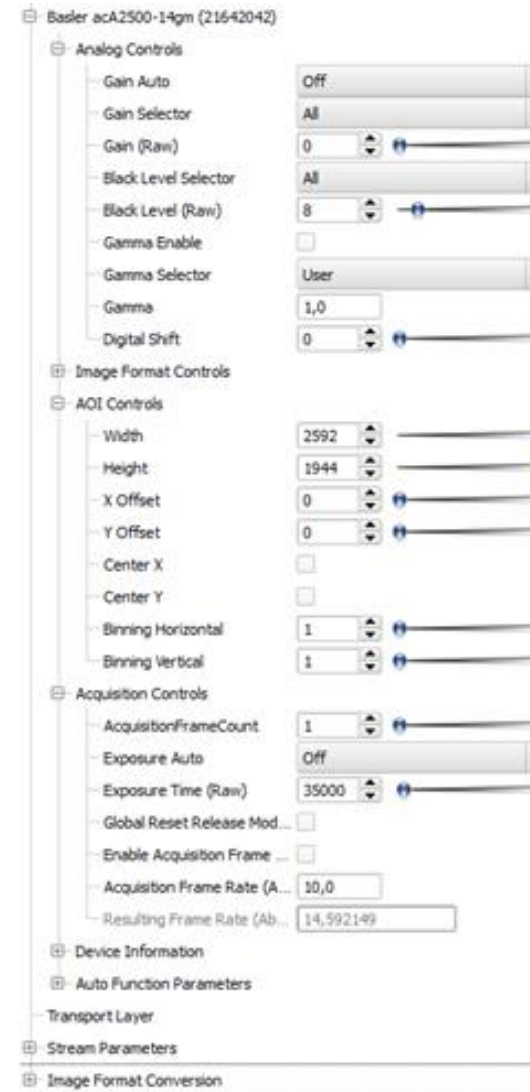


<https://www.deviantart.com/pansasunavee/art/Camera-man-162001348>

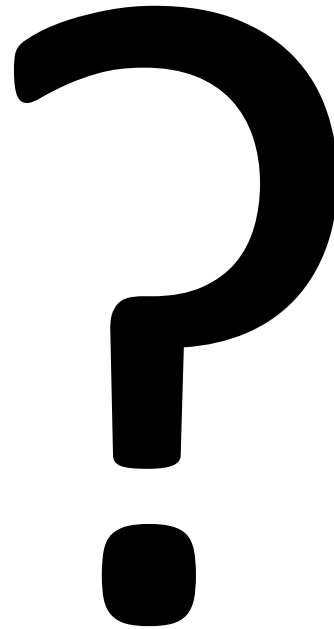


# Vlastnosti kamery

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



# Zvýšení citlivosti kamery

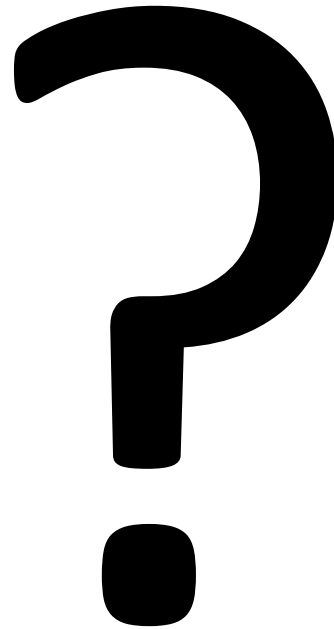


# Zvýšení citlivosti kamery

- Gain
  - Analogové zesílení signálu z čipu
  - Zvýší se i šum
- Expoziční čas
  - Sníží se snímková frekvence
- Binning
  - Sníží se rozlišení



# 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

