

# 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



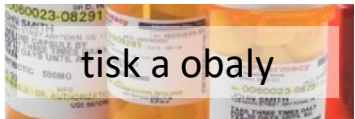
# Obory strojového vidění

## Výrobní průmysl



# Obory strojového vidění

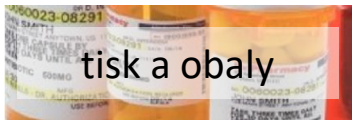
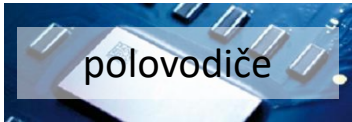
## Výrobní průmysl





# Obory strojového vidění

## Výrobní průmysl

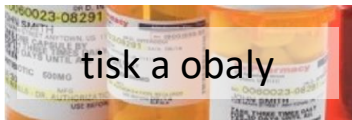
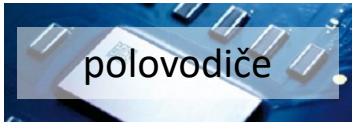


## Doprava

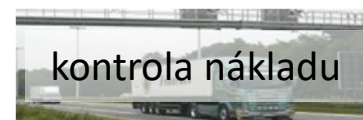
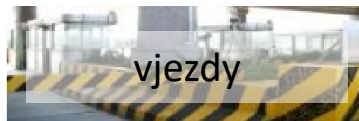


# Obory strojového vidění

## Výrobní průmysl

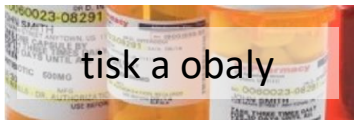


## Doprava

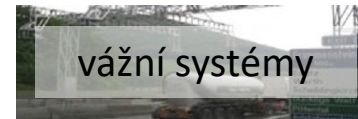
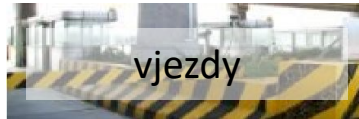


# Obory strojového vidění

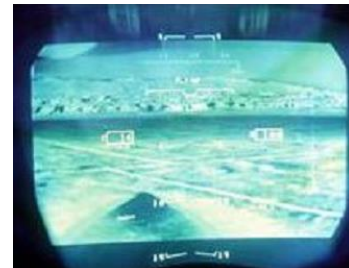
## Výrobní průmysl



## Doprava



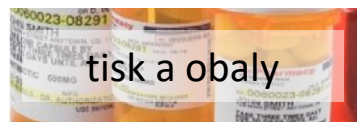
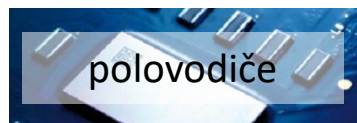
## Bezpečnost





# Obory strojového vidění

## Výrobní průmysl



## Doprava

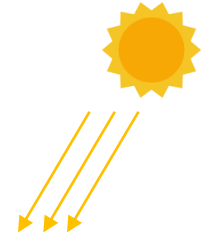


## Bezpečnost



# Vznik obrazu

zdroj energie / osvětlení



# Vznik obrazu

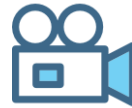
zdroj energie / osvětlení



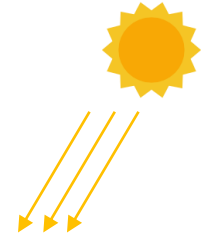
reálný obraz

# Vznik obrazu

zobrazovací systém



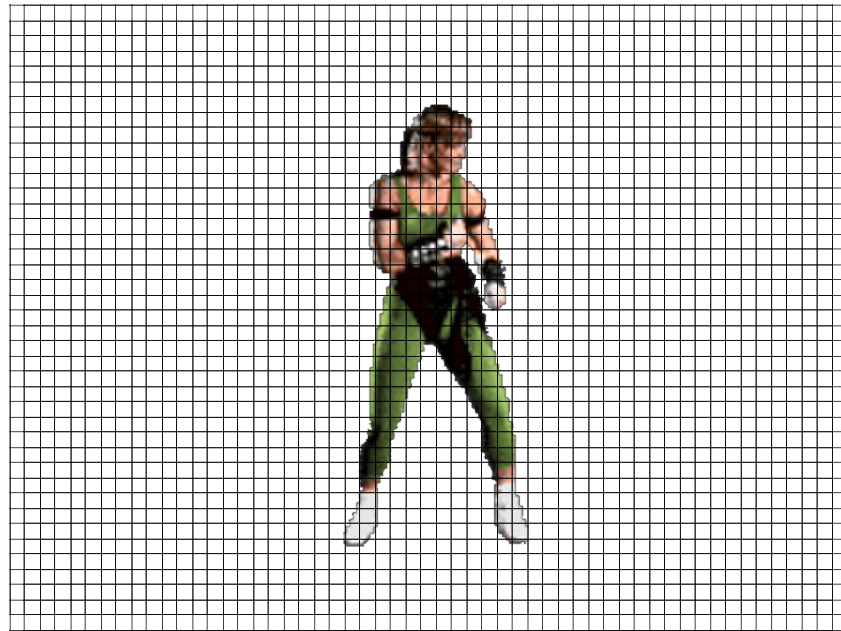
zdroj energie / osvětlení



reálný obraz



# Vznik obrazu



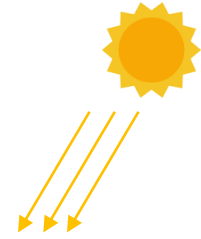
výstup / digitální obraz

zobrazovací systém

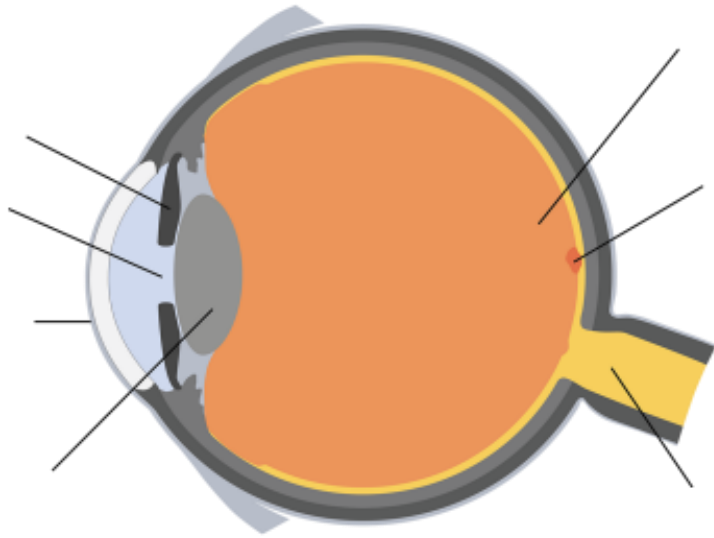


reálný obraz

zdroj energie / osvětlení

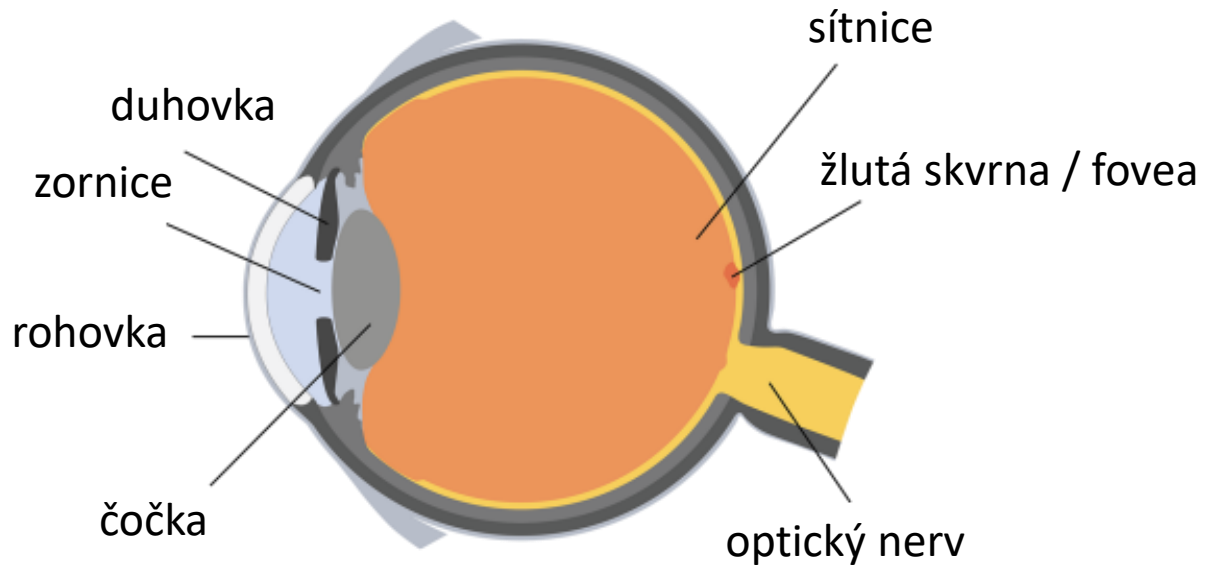


# Optická soustava – lidské oko



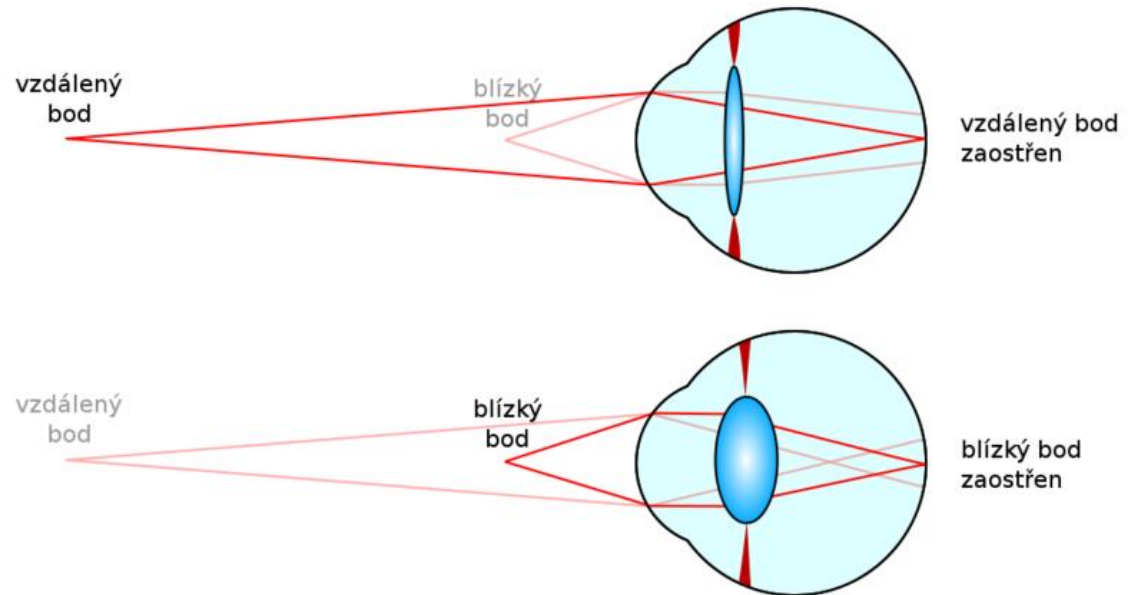
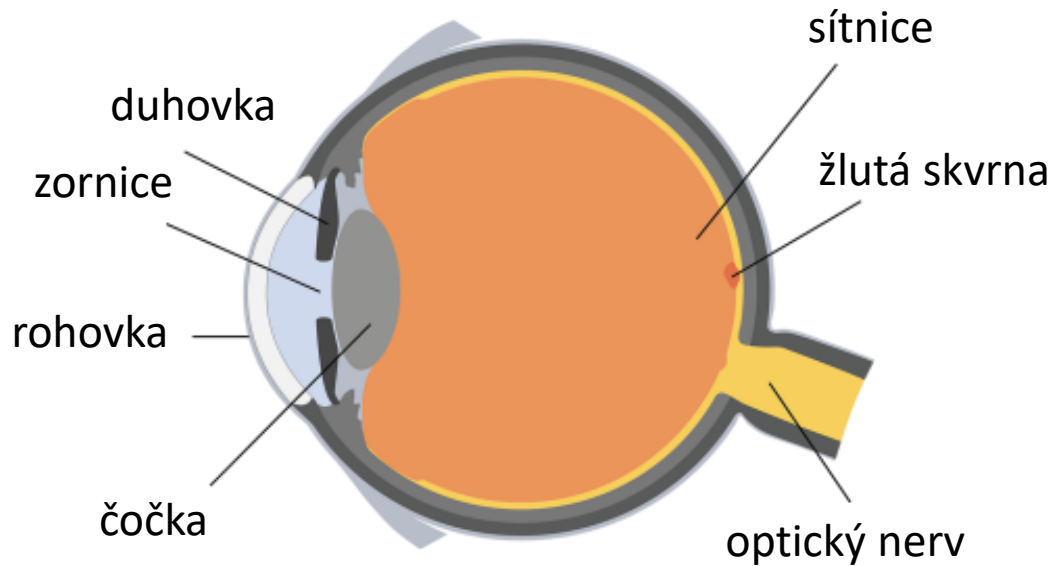
Fyziologie oka, [https://is.muni.cz/www/345402/66012191/Fyziologie\\_oka.pdf](https://is.muni.cz/www/345402/66012191/Fyziologie_oka.pdf)

# Optická soustava – lidské oko



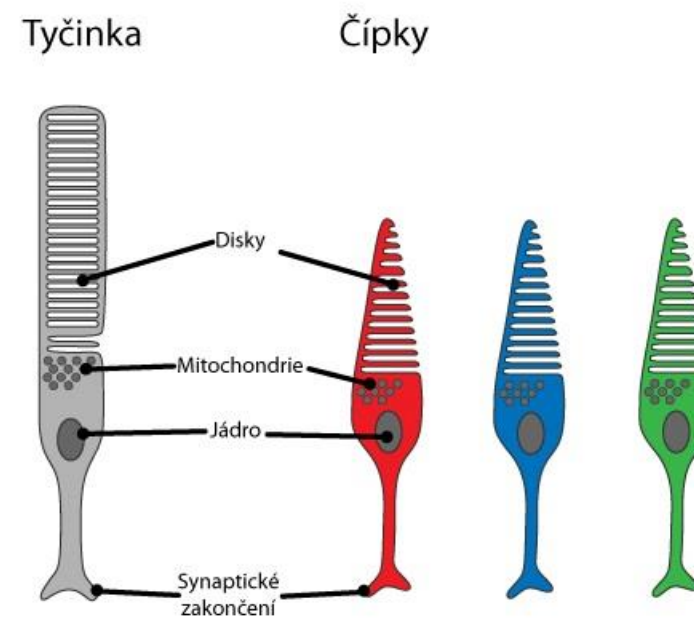
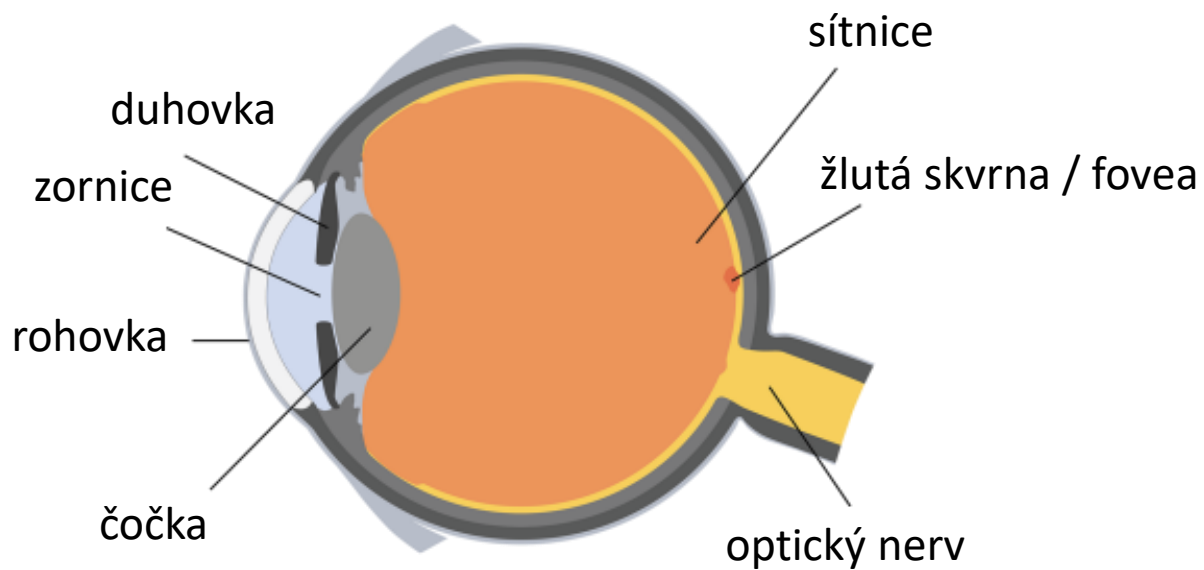
slepá skvrna ?

# Optická soustava – ostření



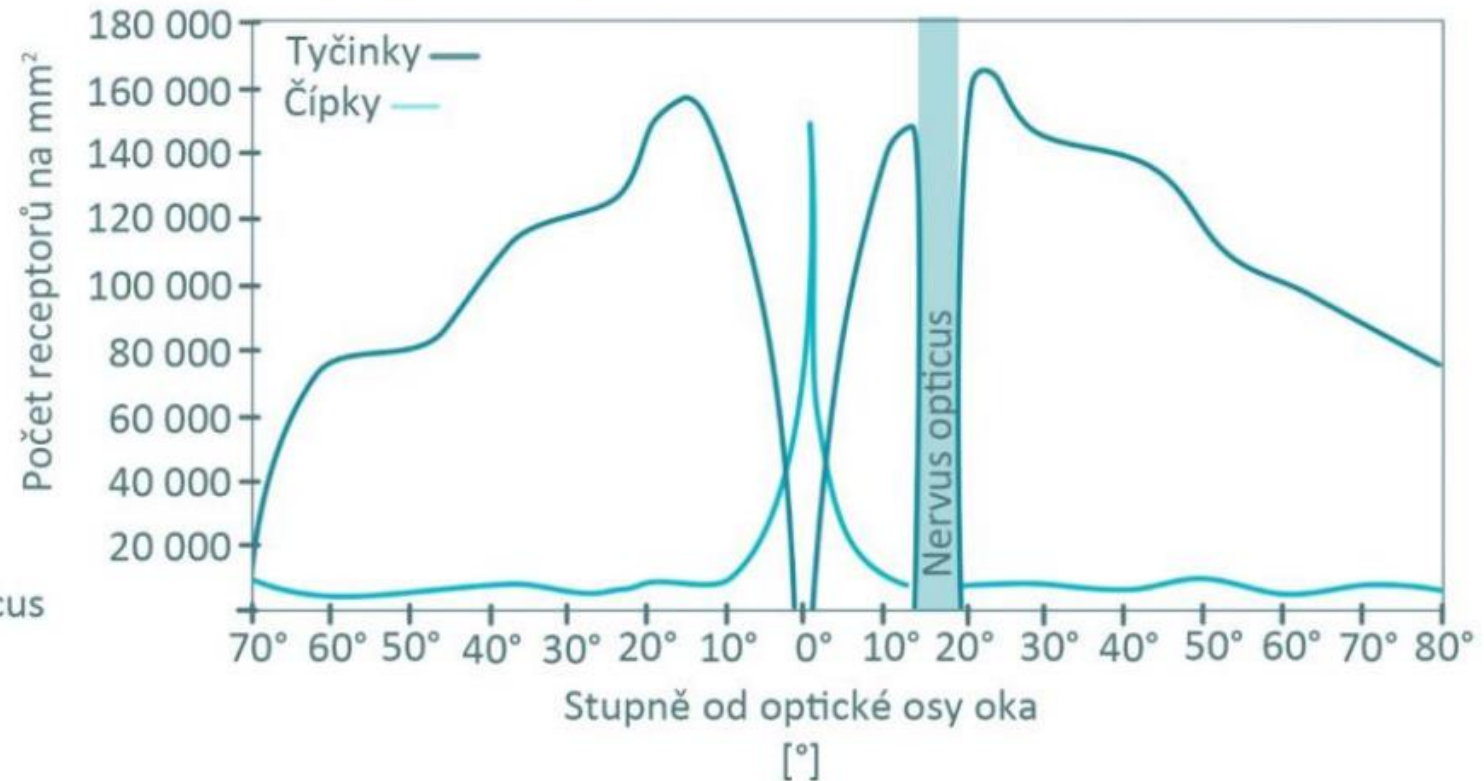
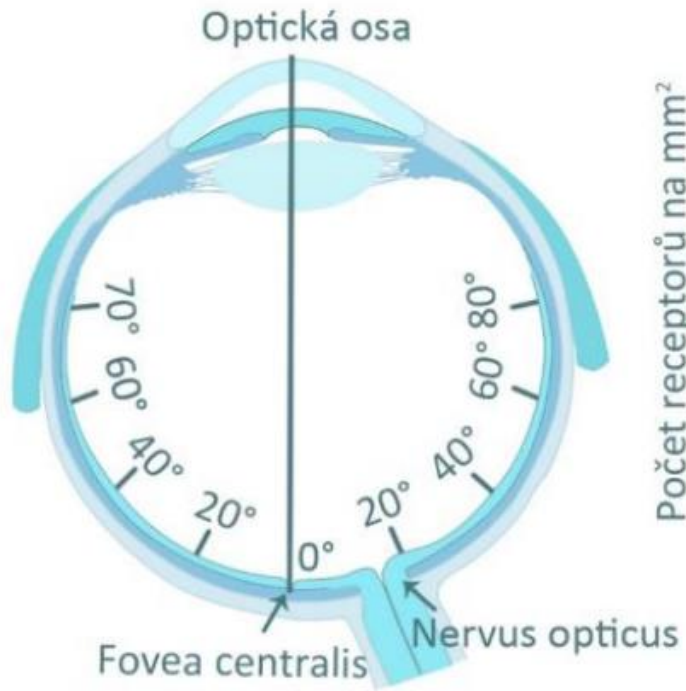


# Optická soustava – senzory

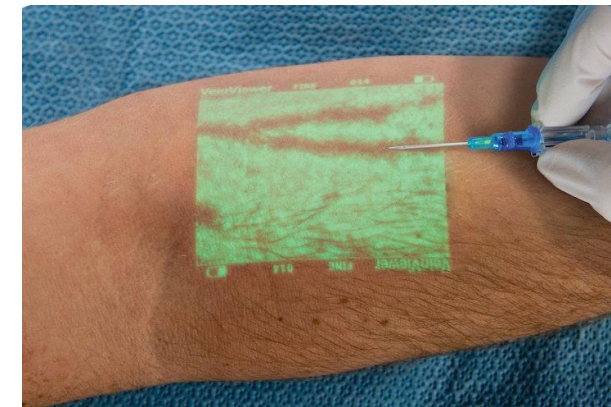
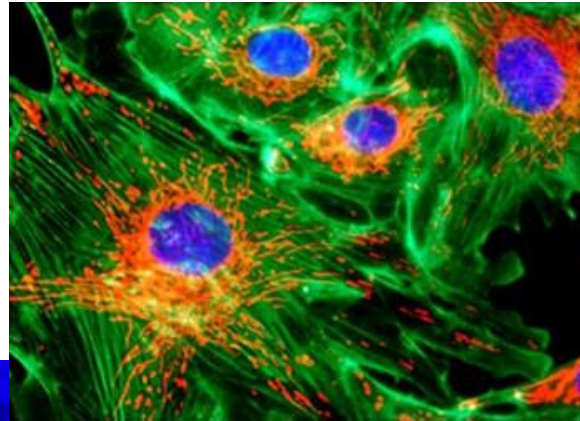


Fyziologie oka, [https://is.muni.cz/www/345402/66012191/Fyziologie\\_oka.pdf](https://is.muni.cz/www/345402/66012191/Fyziologie_oka.pdf)

# Optická soustava – senzory

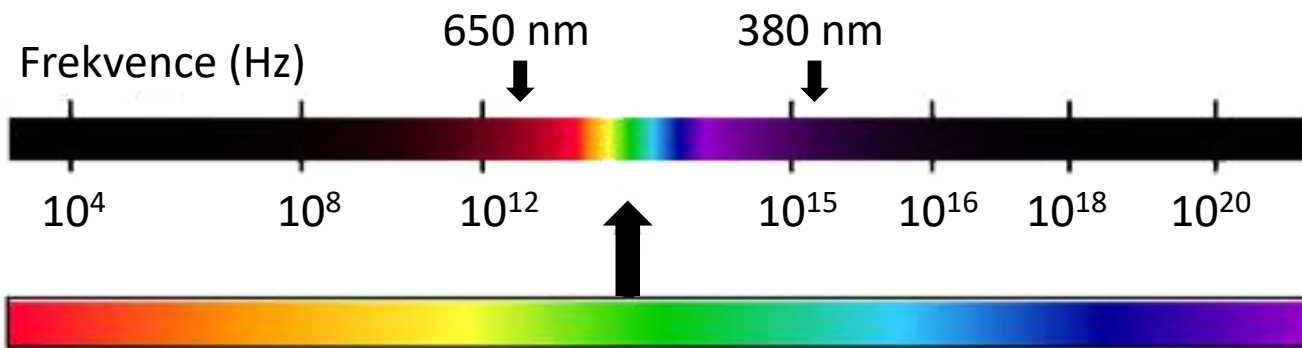
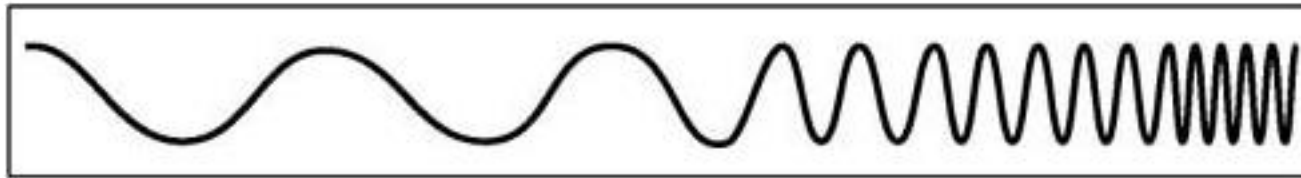
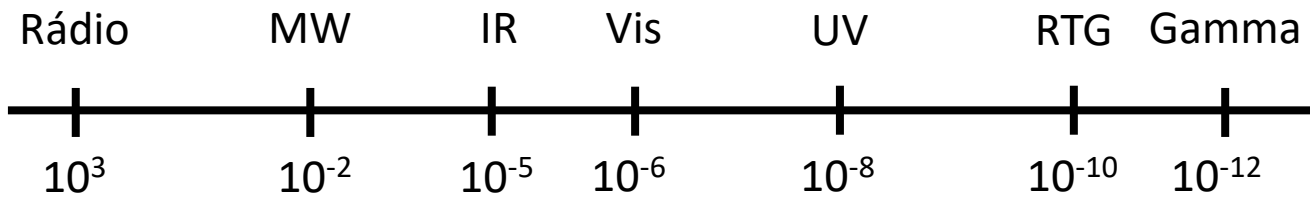


# Elektromagnetické spektrum



# Elektromagnetické spektrum

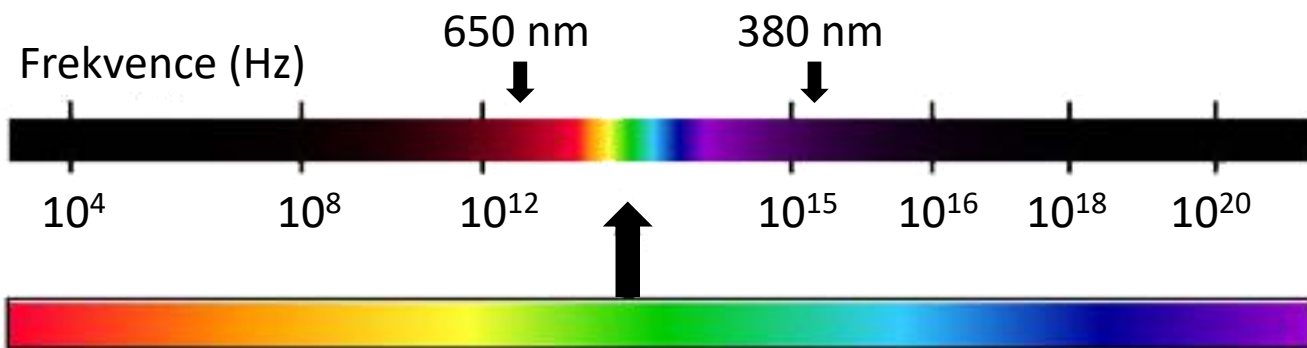
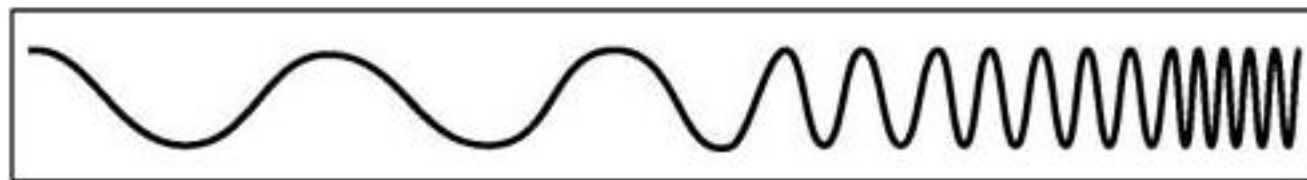
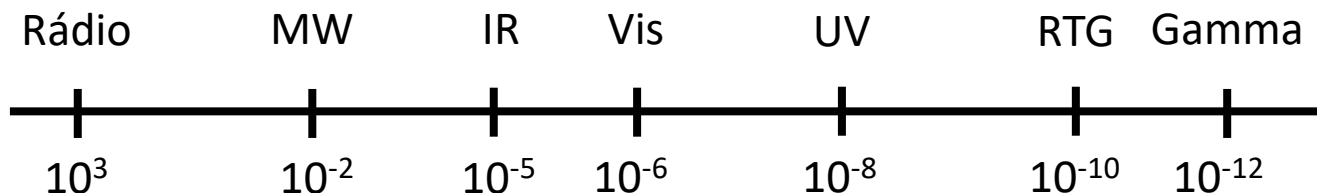
Vlnová délka (m)





# Elektromagnetické spektrum

Vlnová délka (m)



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

$\lambda$  ... vlnová délka

$c$  ... rychlost světla

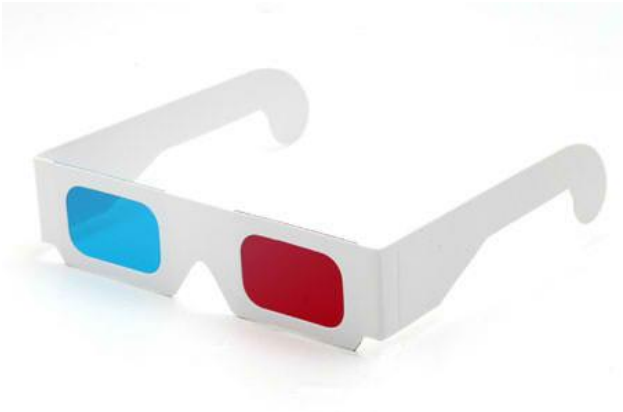
$f$  ... frekvence vlnění

$T$  ... perioda vlnění

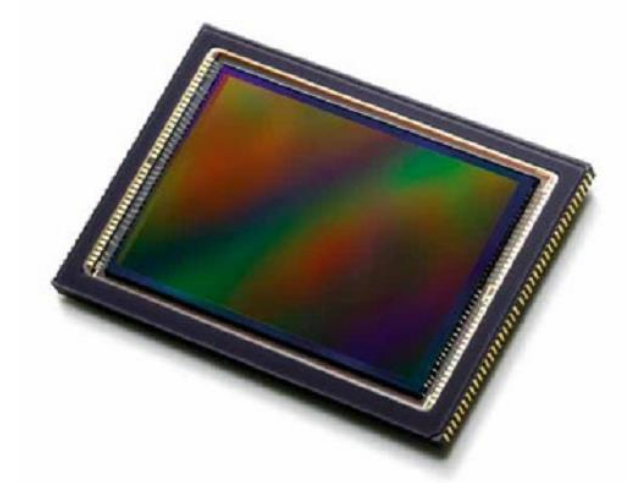
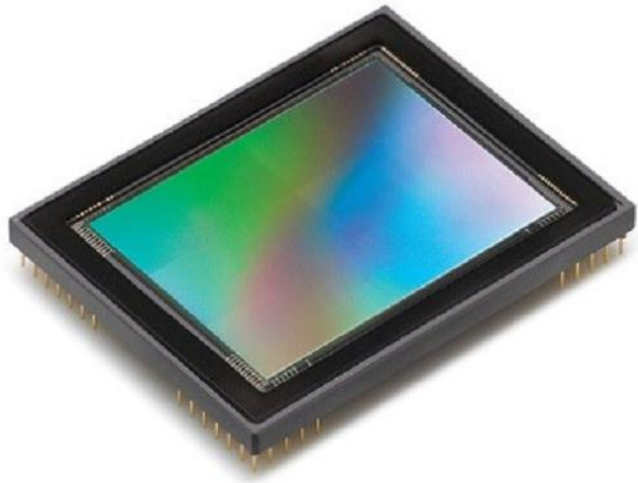
$$c = 300\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

# Stereoskopie

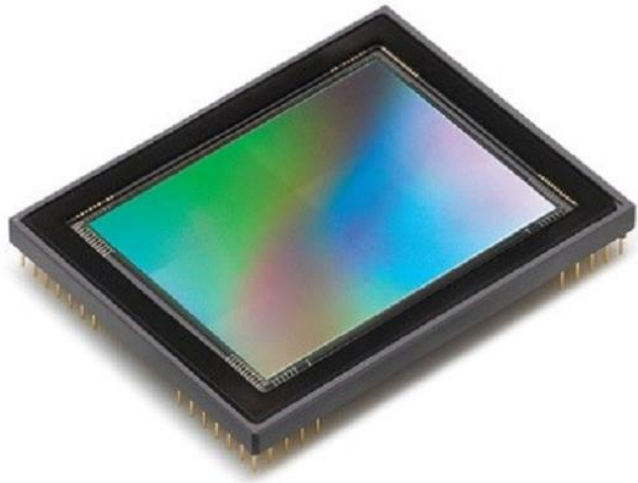
- Způsob zobrazení 3D scény na 2D ploše  
→ Poskytnout každému oku jiný obraz



# Detektory



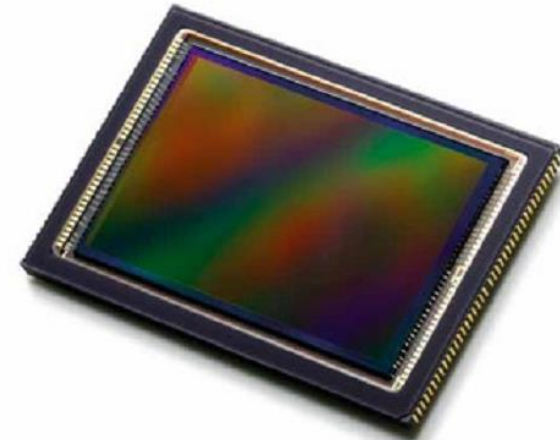
# Detektory



CCD

Kvalita obrazu  
Dynamika  
Nízký šum

2010

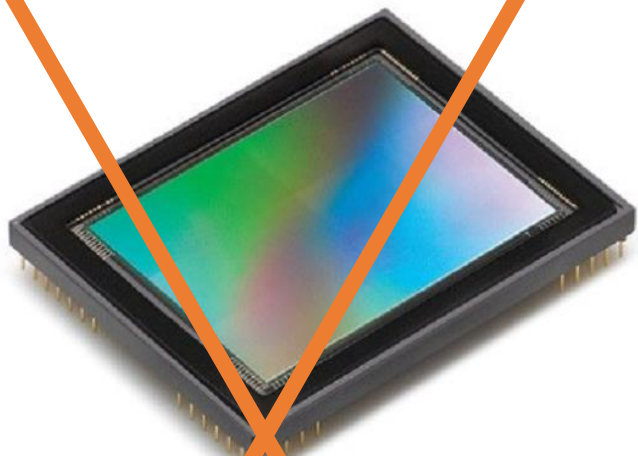


CMOS

Rychlost snímání  
Cena



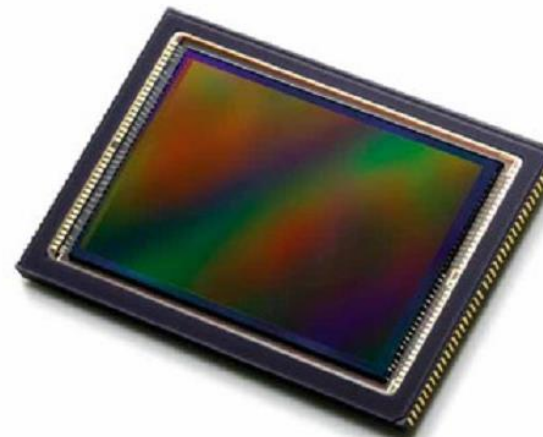
# Detektory



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

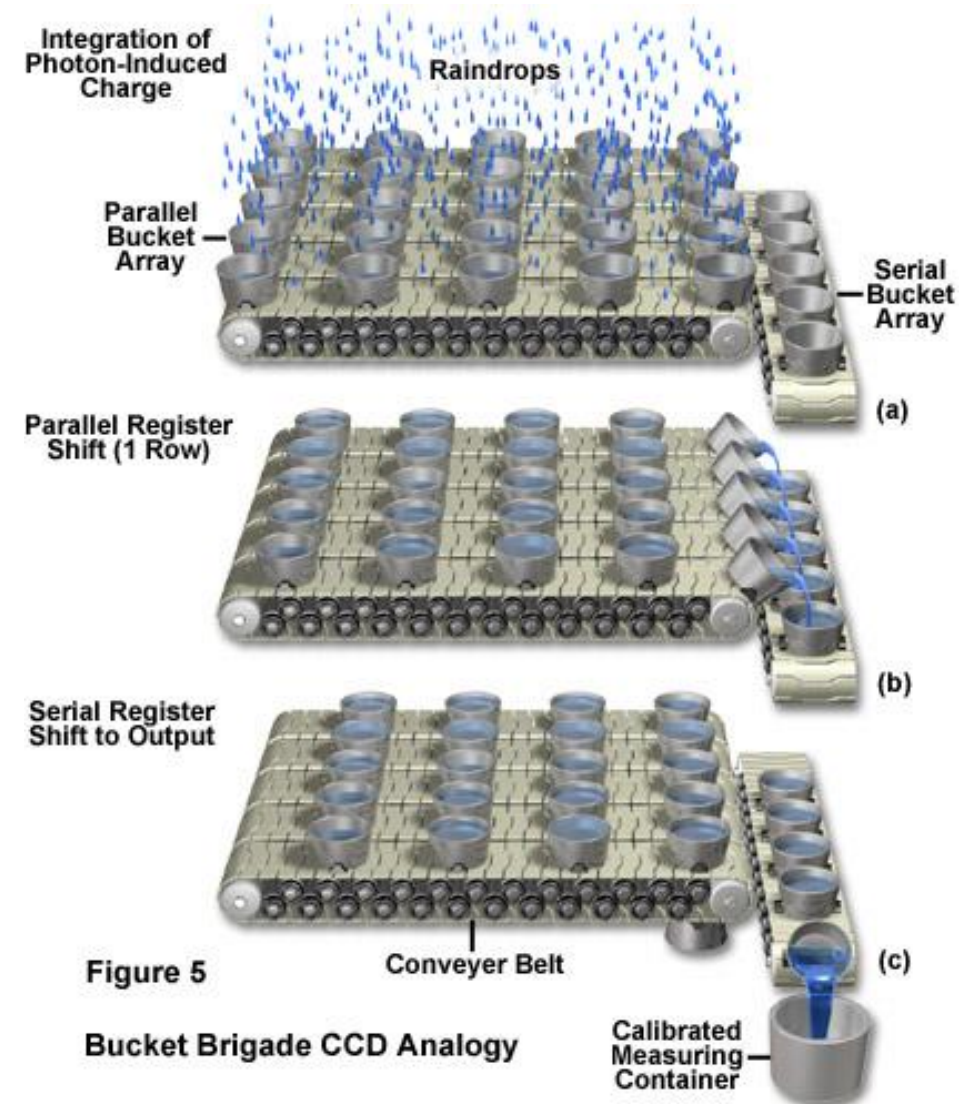
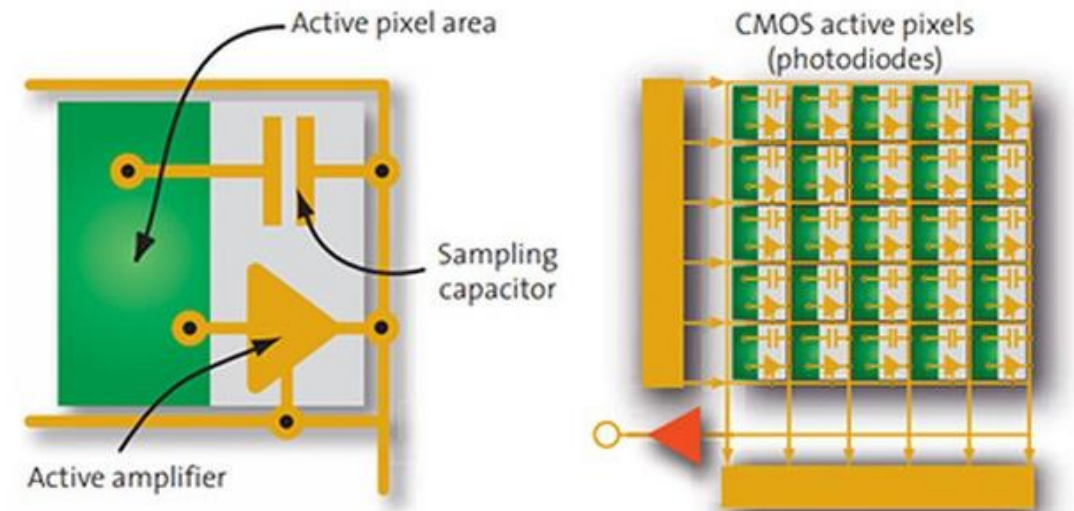


Figure 5

Bucket Brigade CCD Analogy

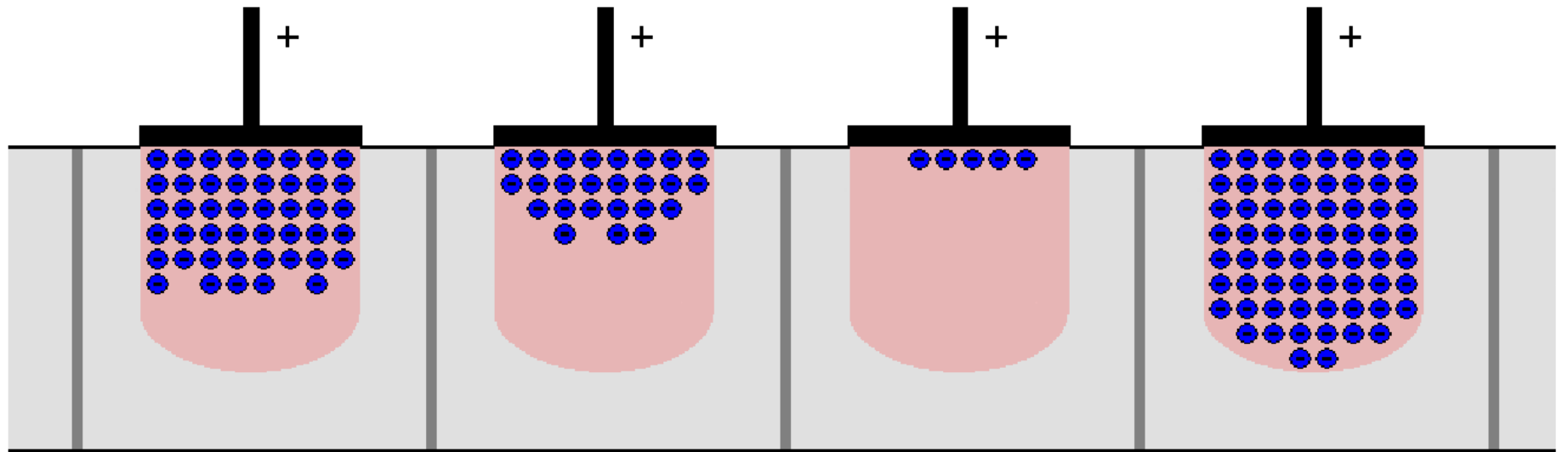
# Detektory – CMOS

- Snímání analogového signálu
- Digitalizace na senzoru



# Dynamický rozsah – Kapacita buňky

- Fotoelektrický jev
  - Elektrony



# Kapacita buňky

Maximální kapacita



Saturační kapacita

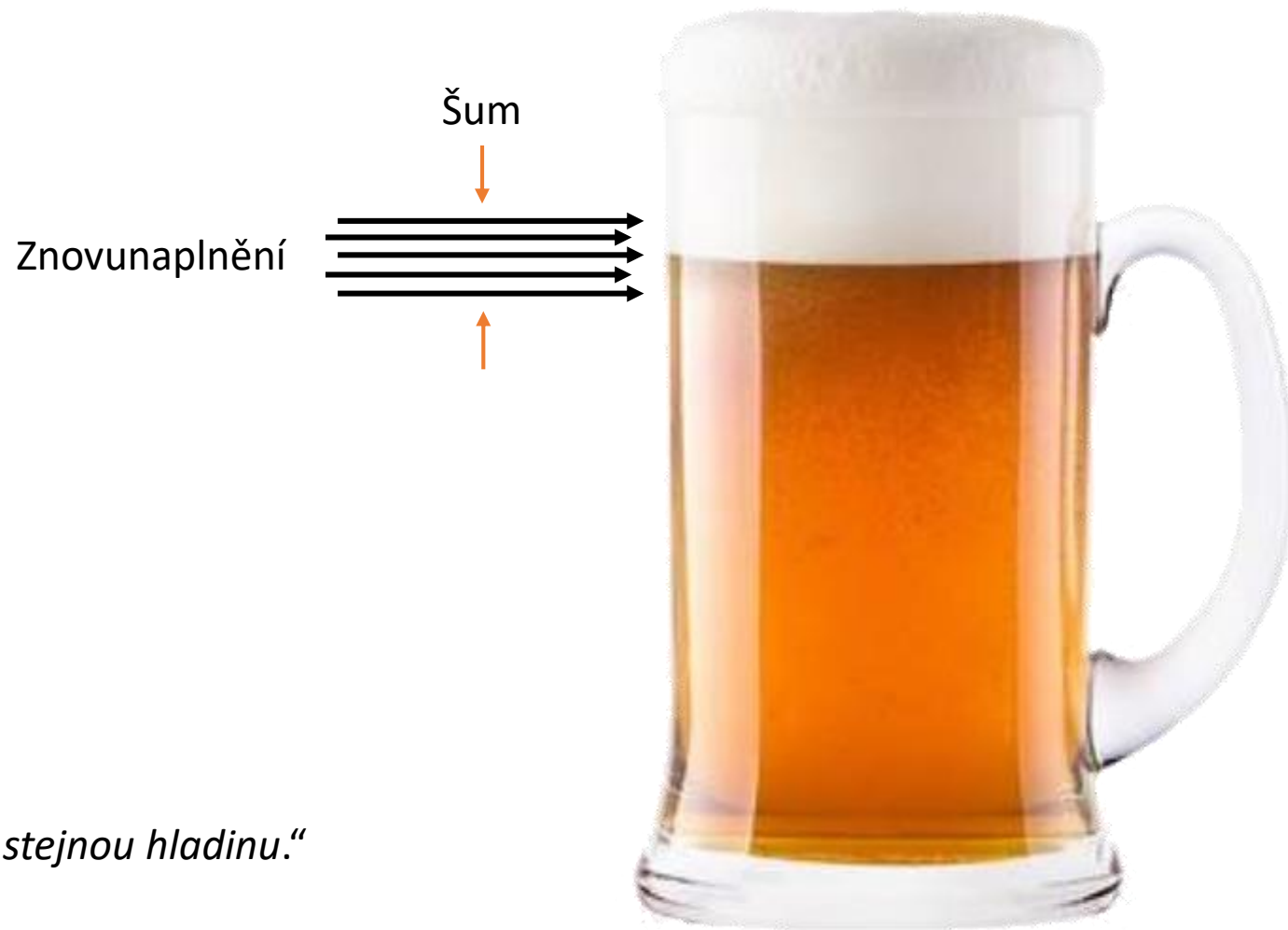




# Odstup signálu od šumu (SNR)

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

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



*„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



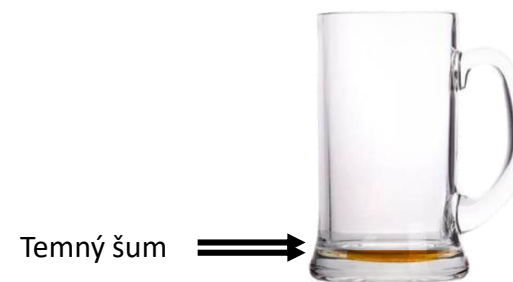
Temný šum



# Dynamický rozsah

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

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

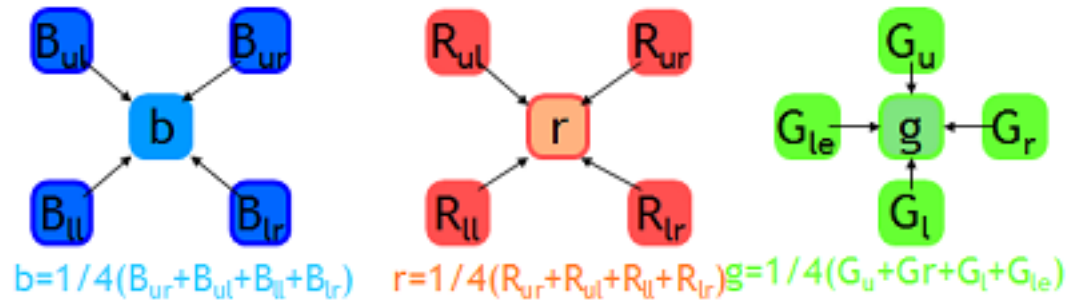
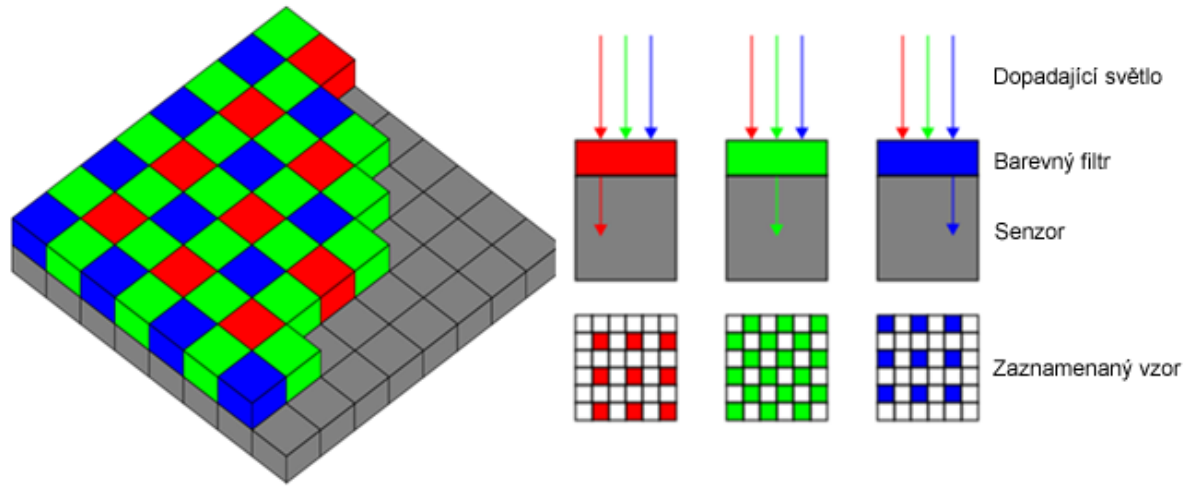


*„Dynamický rozsah je poměr mezi plnou a prázdnou sklenicí.“*  
(cit. T. Gřeš)

# Dynamický rozsah

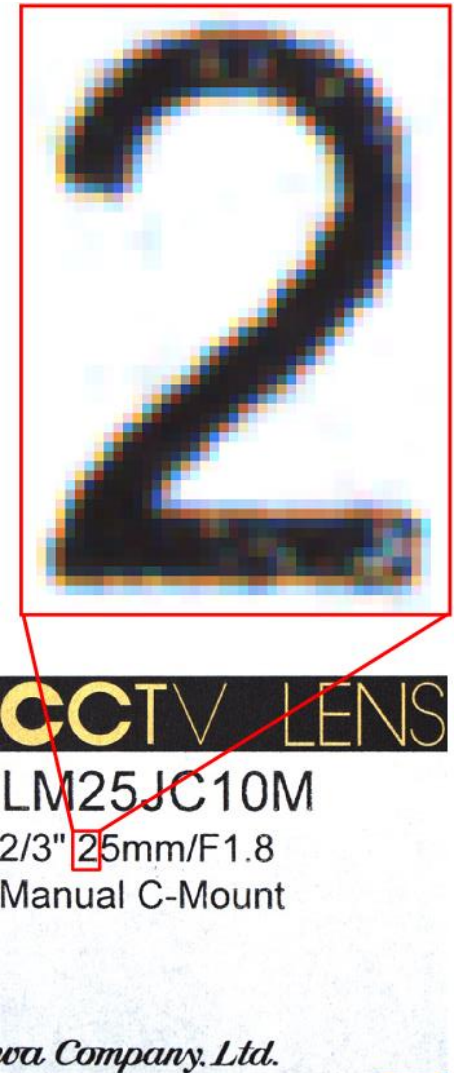
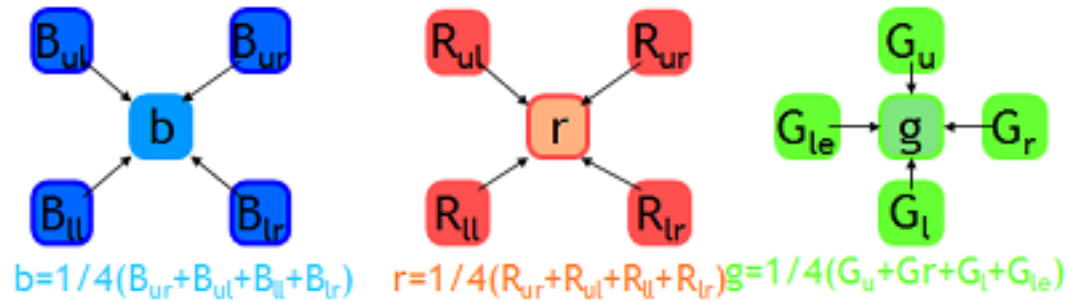
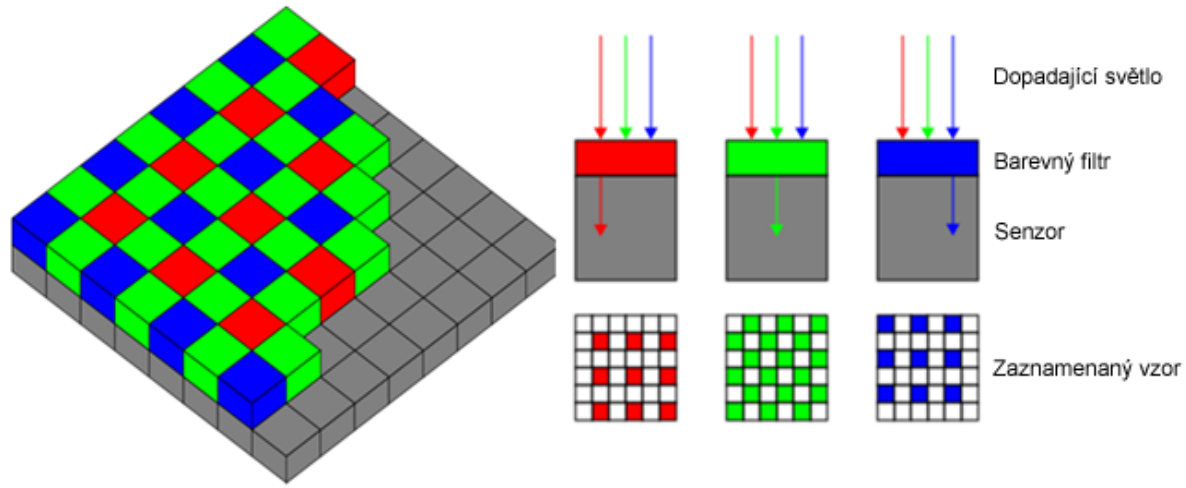


# Vícečipové kamery – Bayerova maska

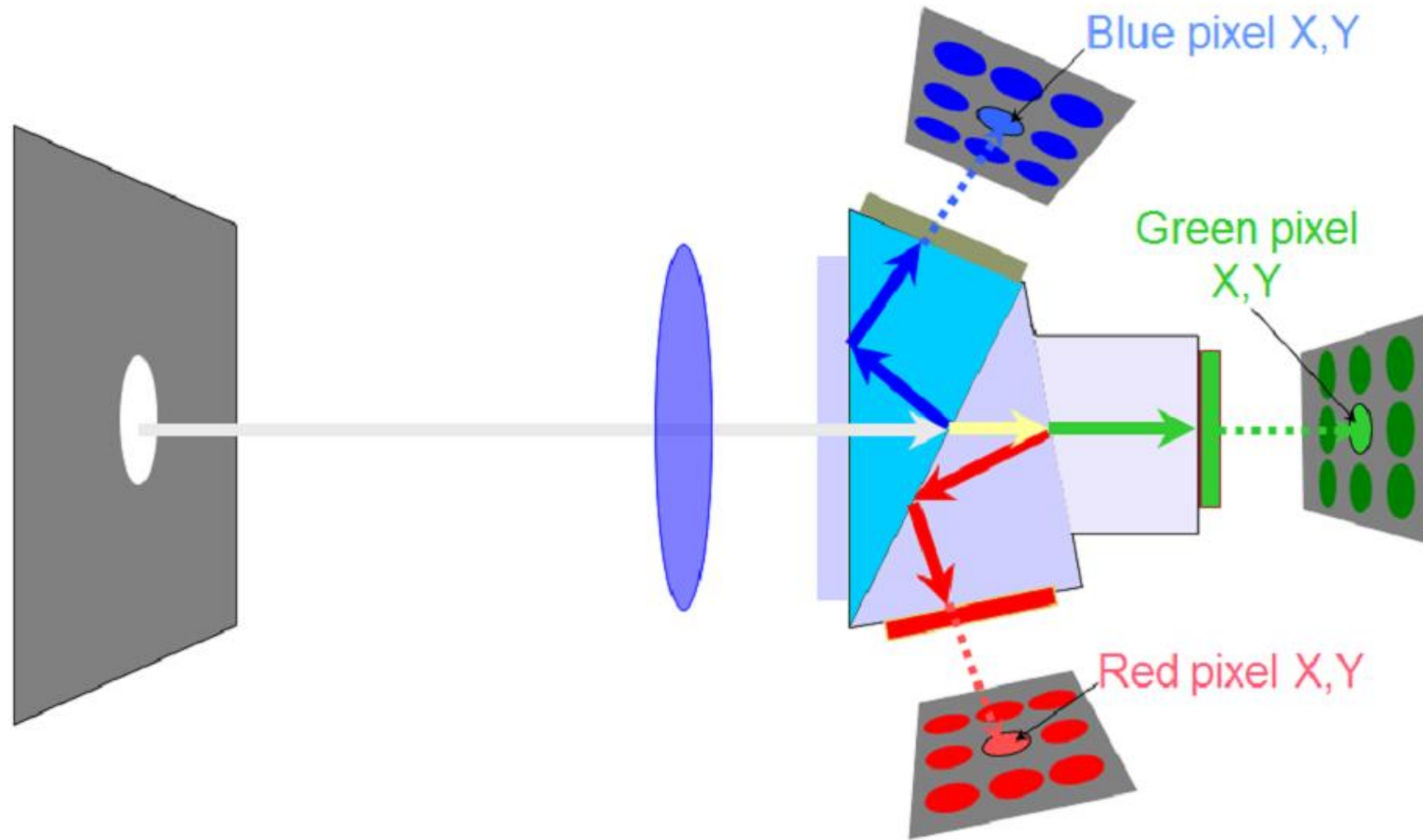




# Vícečipové kamery – Bayerova maska



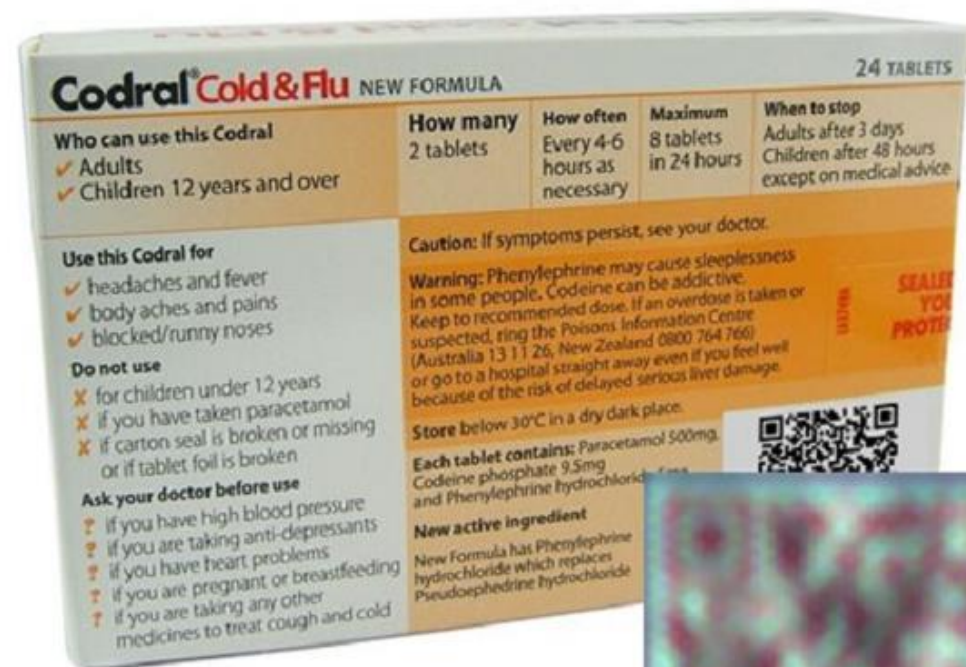
# Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS



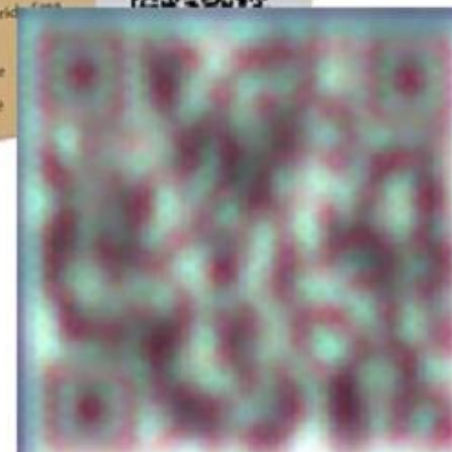
# Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS



3CCD  
2 MP



Bayer  
2 MP



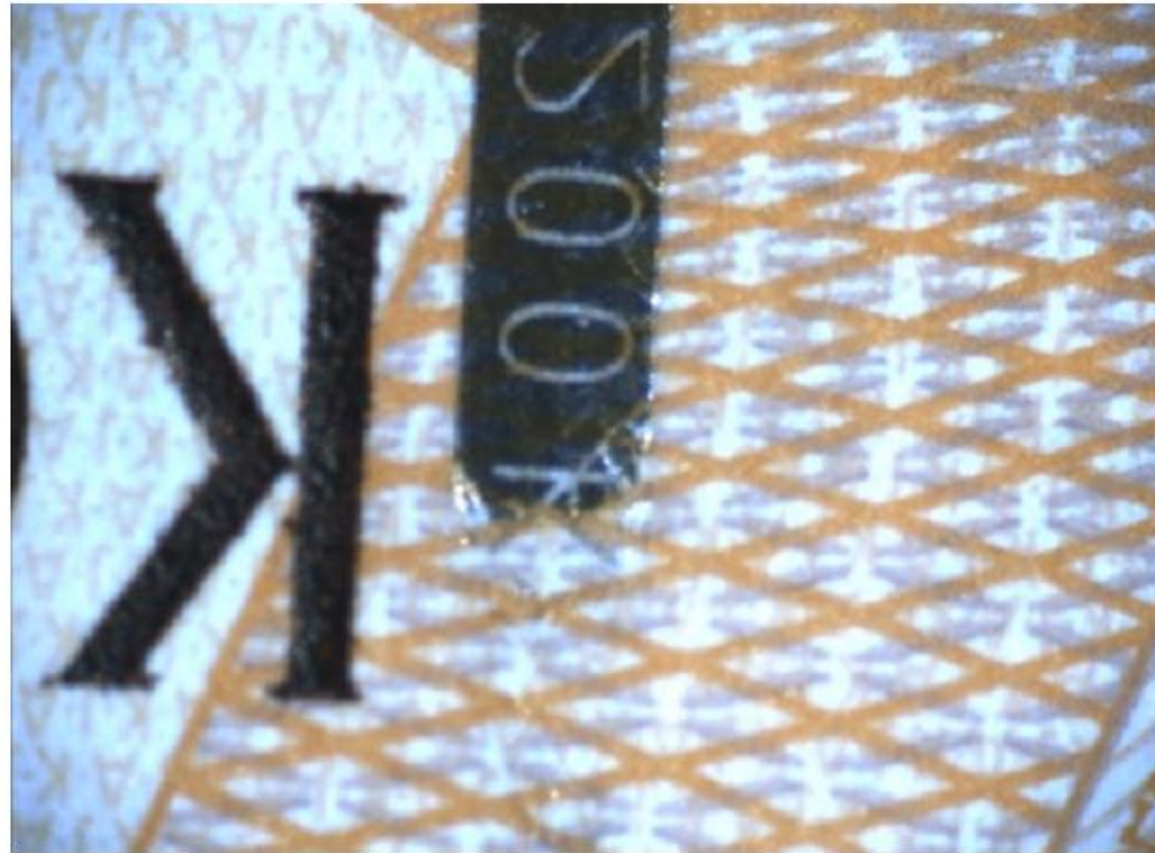
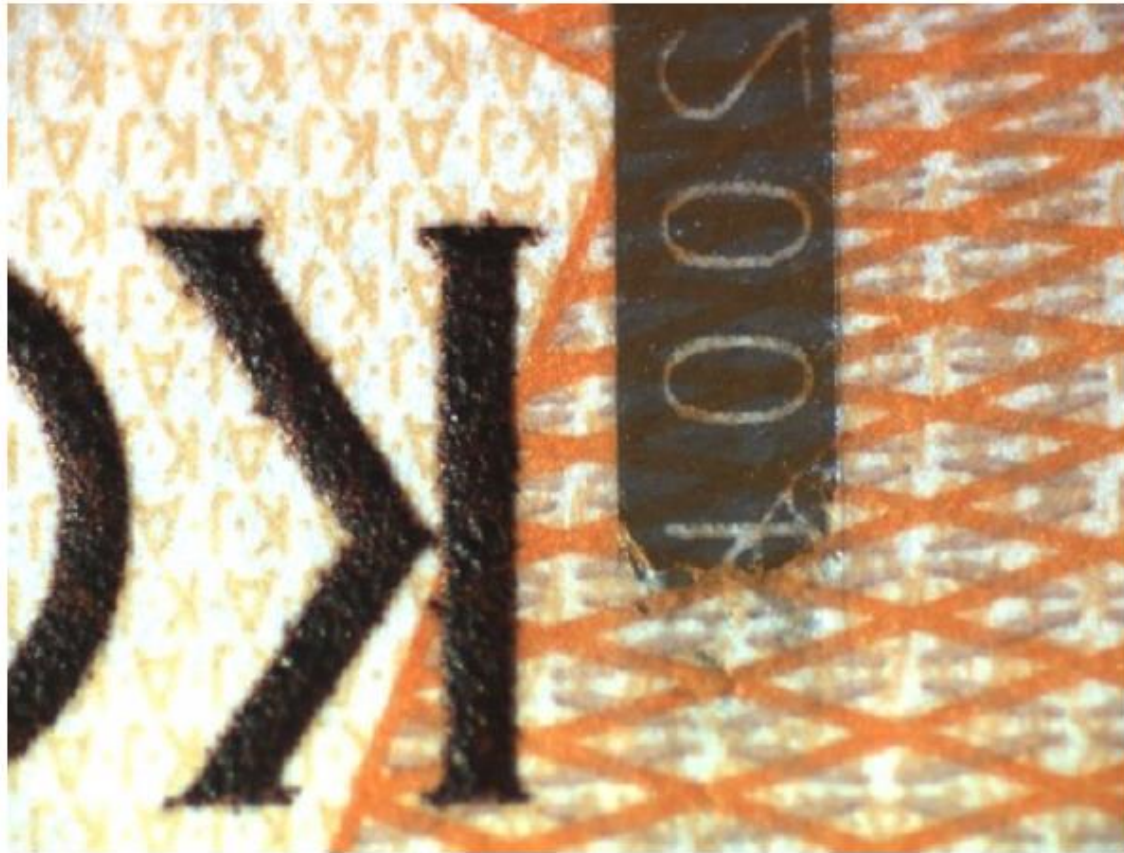


# Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS



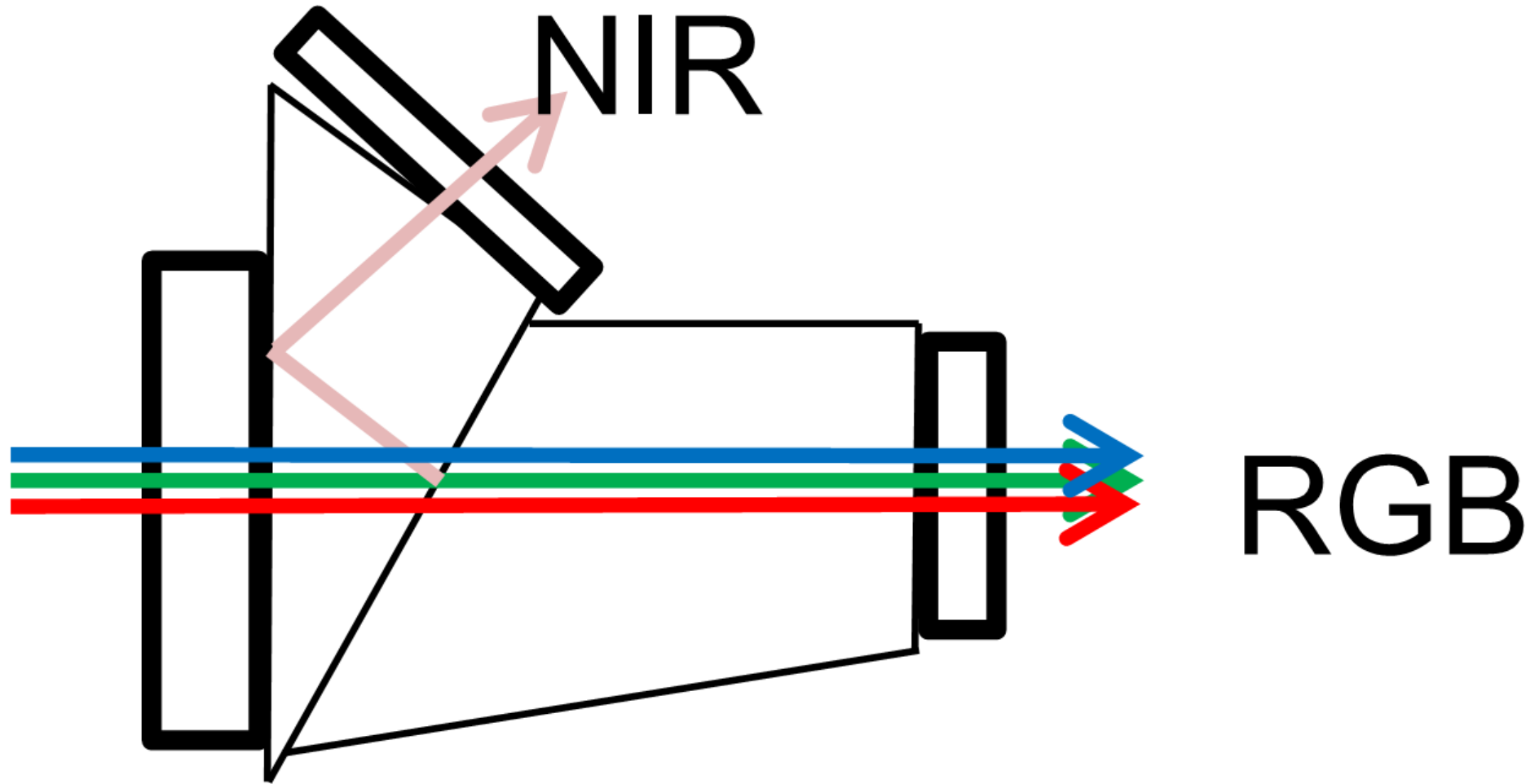


# Vícečipové kamery – 3CCD, 3CMOS

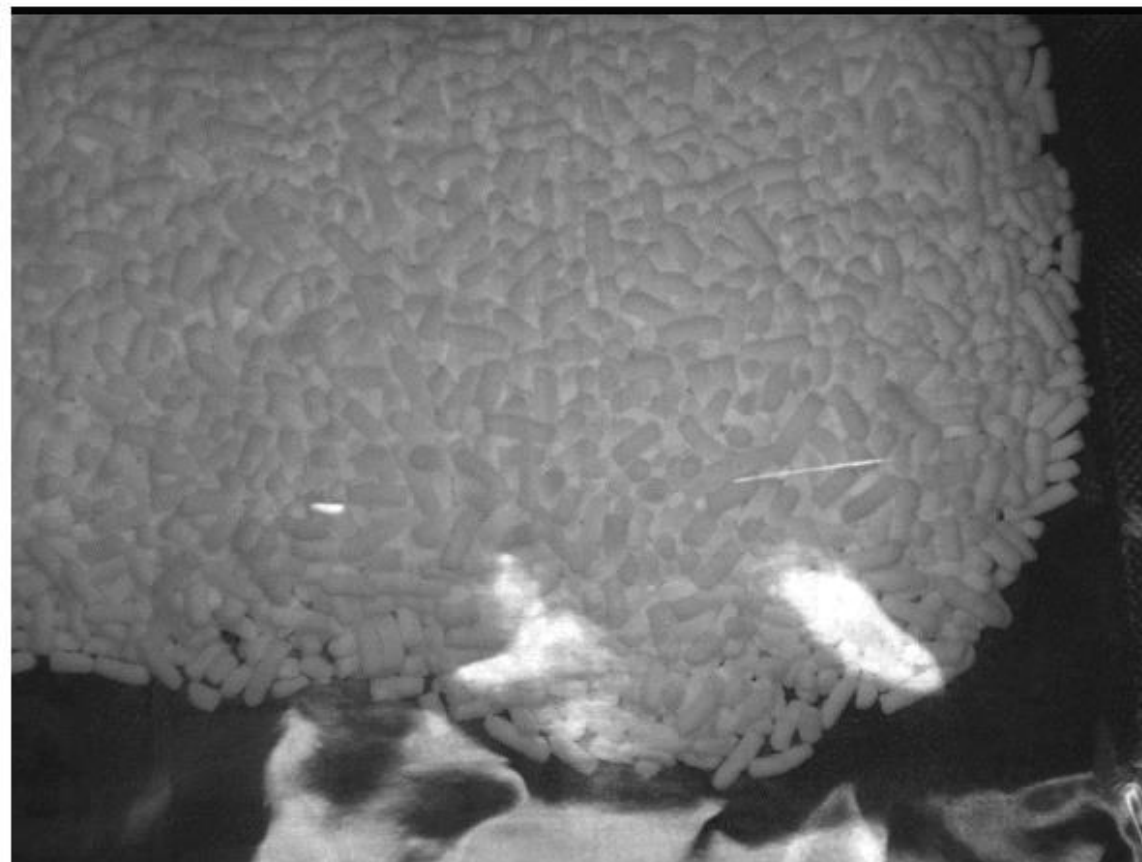




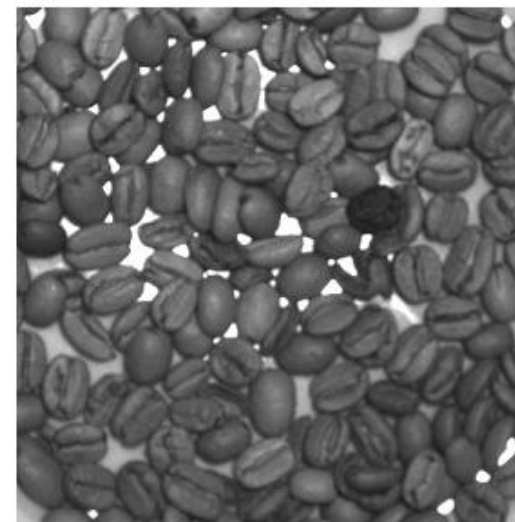
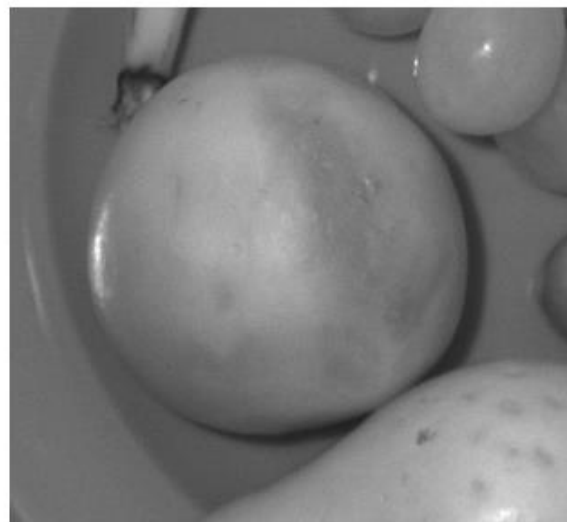
# Multispektrální kamery – NIR



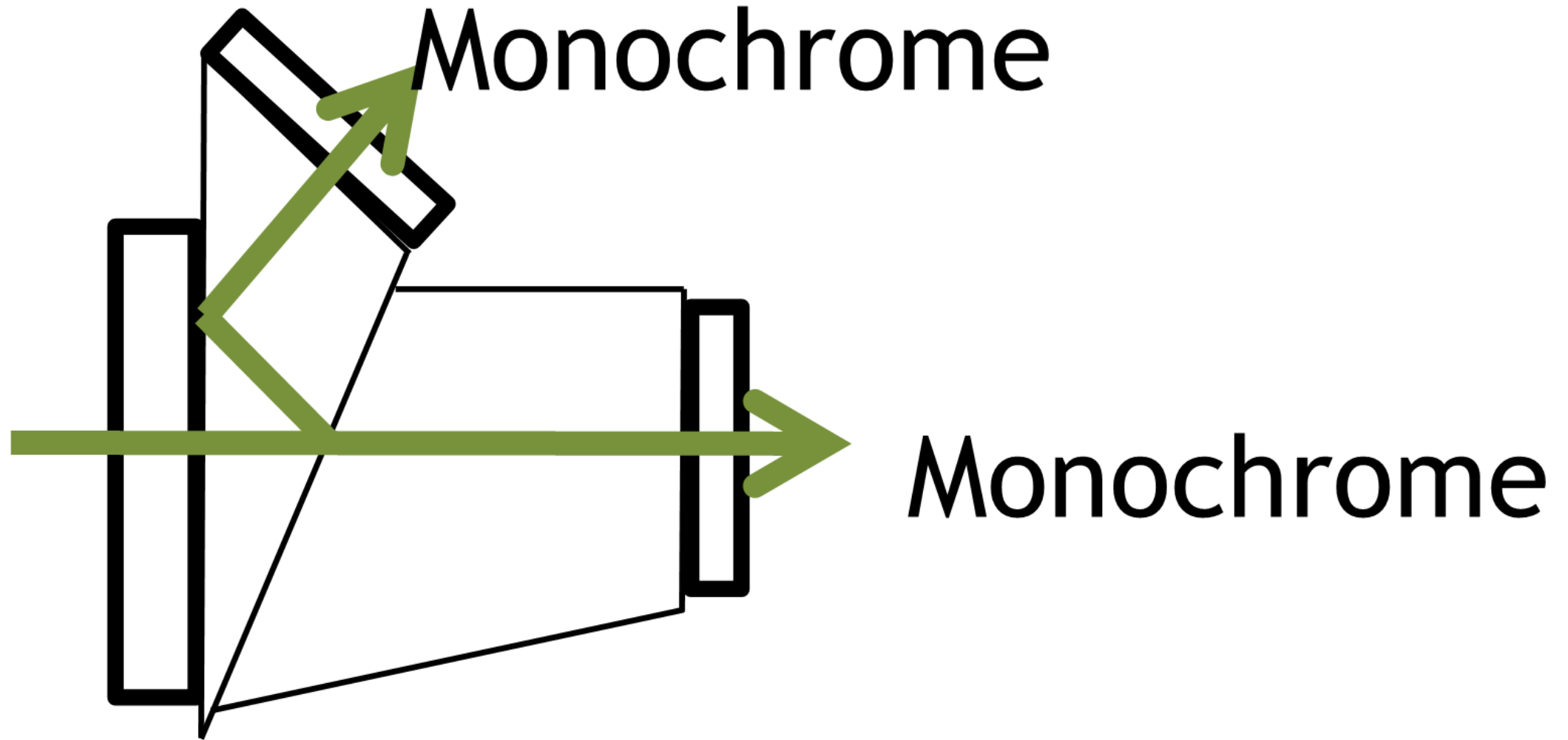
# Multispektrální kamery



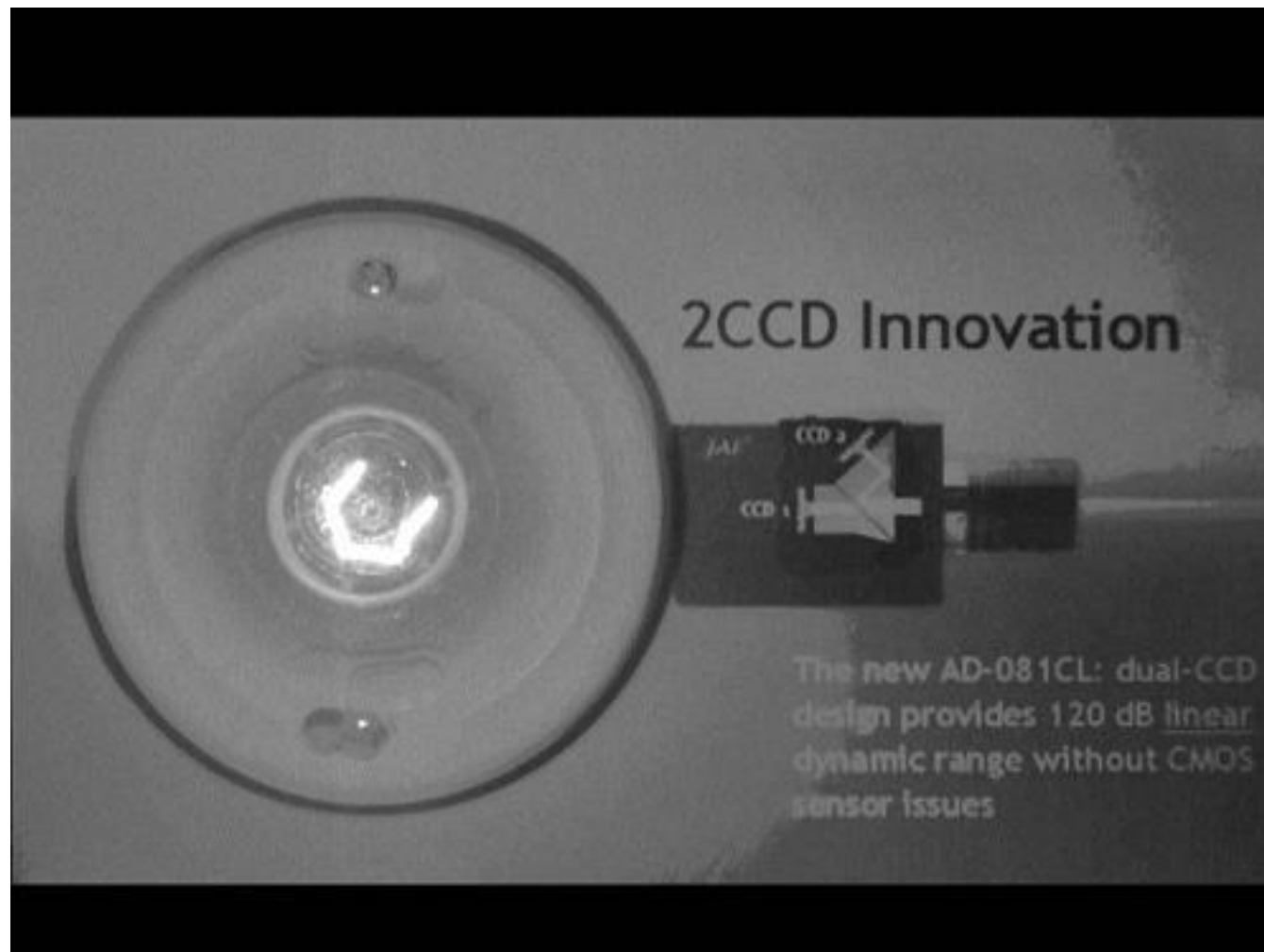
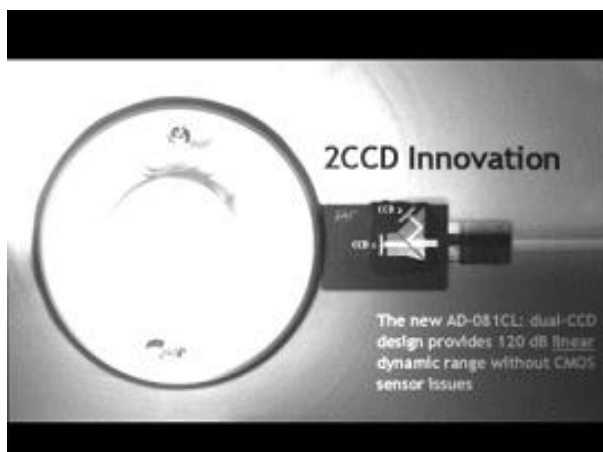
# Multispektrální kamery



# 2CCD HDR



# 2CCD HDR





# 2CCD HDR



# Intelligentní kamery

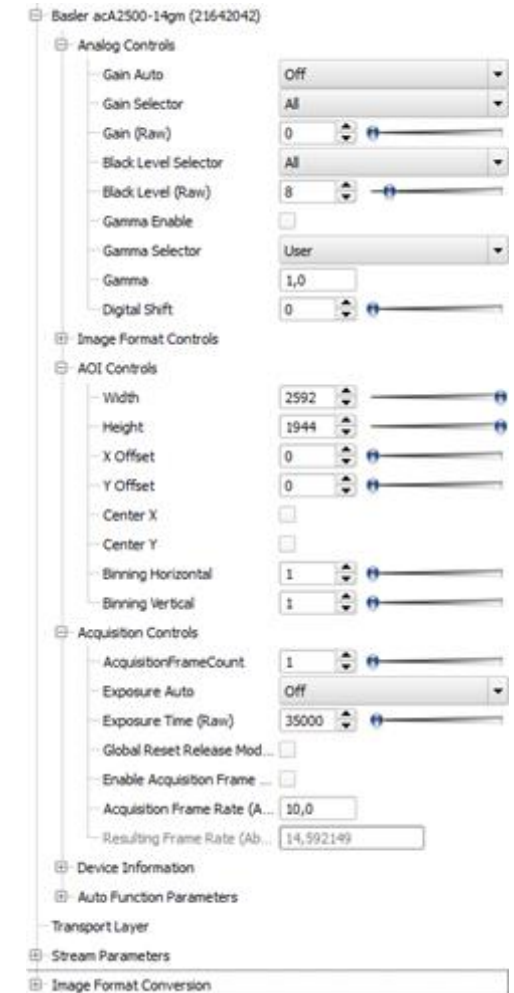
- 360° kamery
  - Bar & QR readery
  - Face recognition
  - License plate readery
- 
- Obecně kamery s algoritmy zpracování obrazu
  - Jednoúčelové
  - Zpracování na čipu kamery



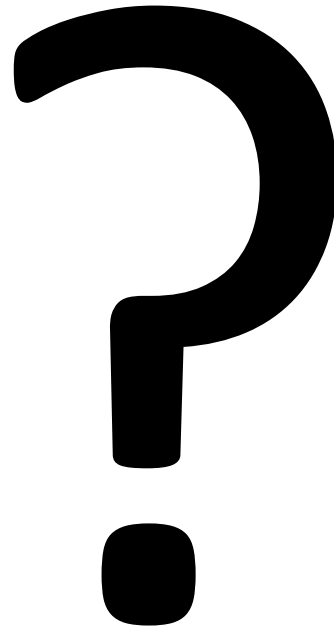
<https://www.deviantart.com/pansasunavee/art/Camera-man-162001348>

# Vlastnosti kamery

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



# Zvýšení citlivosti kamery

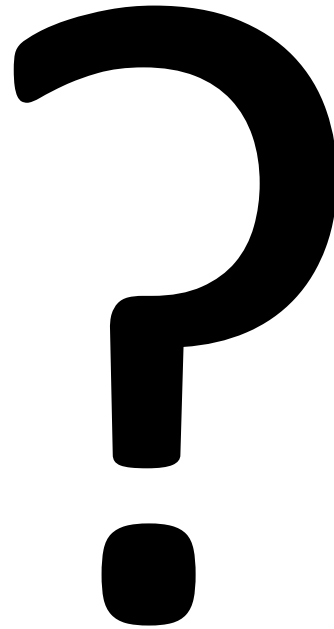


# Zvýšení citlivosti kamery

- 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



# 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

