

Kamerový systém a zpracování obrazu

Strojové vidění a zpracování obrazu (BI-SVZ)

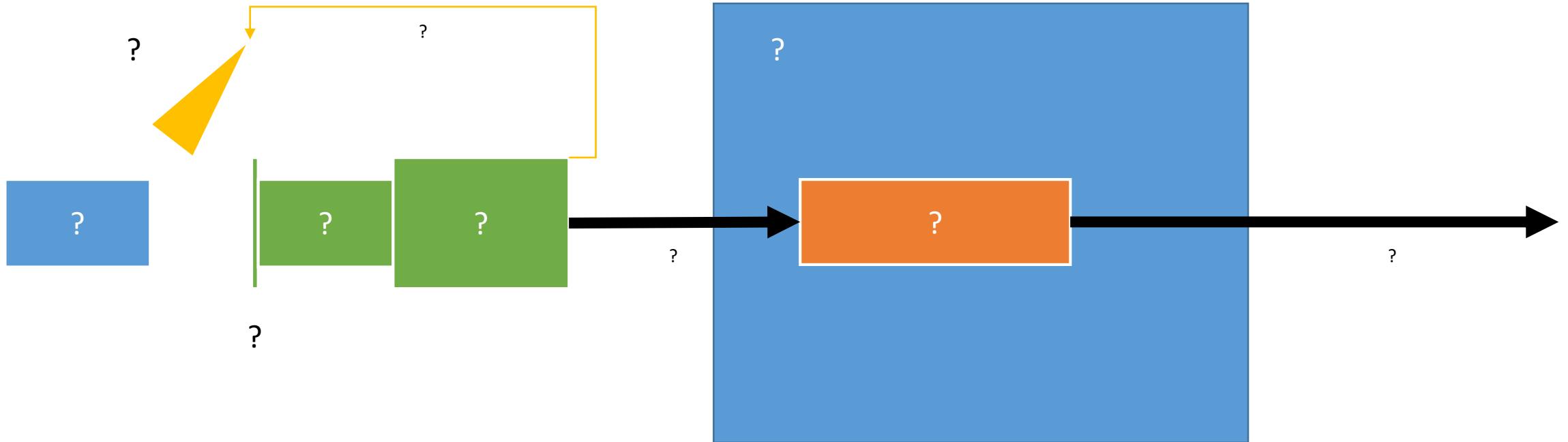
Kamerový systém (řetězec)

- **Kamerový systém (CCTV)**
 - Closed Circuit Television
 - uzavřený televizní okruh
- Užití kamer ke sledování prostor, k zobrazování záběrů z kamer na monitorech a archivaci natočených záběrů.

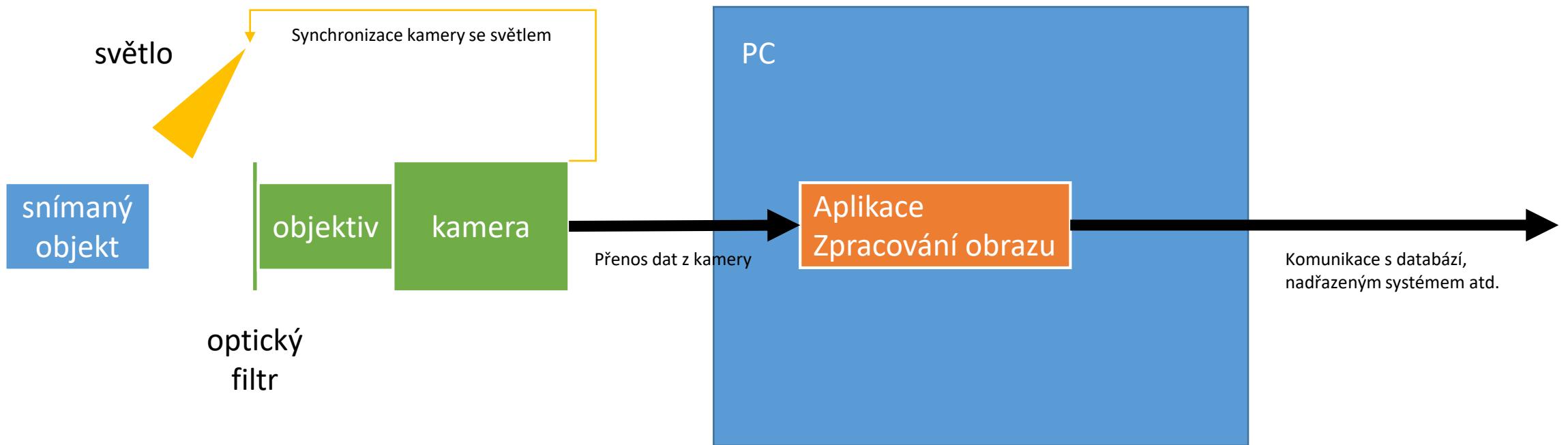


https://cs.wikipedia.org/wiki/Kamerový_systém

Kamerový systém – průmysl



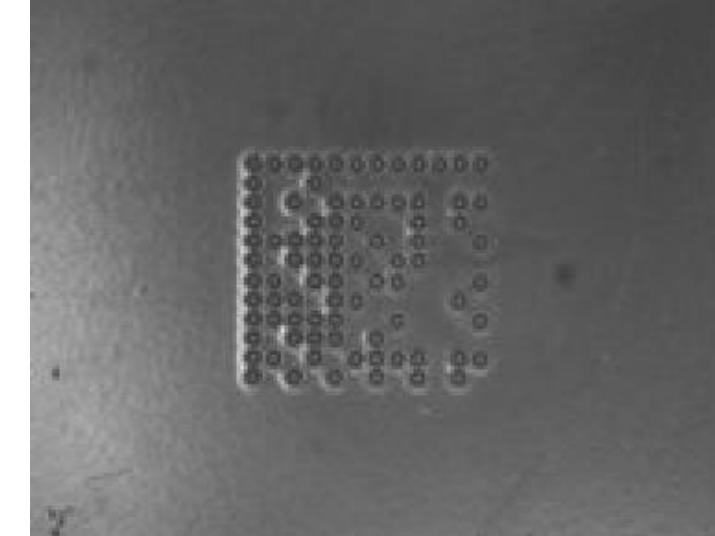
Kamerový systém – průmysl



Osvětlení



Osvětlení



Osvětlení



Osvětlení – kritéria

- Maximalizace kontrastu u oblastí zájmu
- Minimalizace kontrastu pozadí
- Robustnost, opakovatelnost výsledků měření (stálé podmínky)



Osvětlení – jak vybrat

Tvar

- Plochý / prostorový
- Hloubka ostrosti
- Rozdílné osvětlení blízkých a vzdálených částí

?

Osvětlení – jak vybrat

Tvar

- Plochý / prostorový
- Hloubka ostrosti
- Rozdílné osvětlení blízkých a vzdálených částí

Barva

- Stejná kryje
- Komplementární zvýrazní
- UV, IR



Osvětlení – jak vybrat

Tvar

- Plochý / prostorový
- Hloubka ostrosti
- Rozdílné osvětlení blízkých a vzdálených částí

Barva

- Stejná kryje
- Komplementární zvýrazní
- UV, IR

Povrch

- Matný, reflexní, struktura
- Směrové, difúzní
- Směr
- Polarizace



Osvětlení – jak vybrat

Tvar

- Plochý / prostorový
- Hloubka ostrosti
- Rozdílné osvětlení blízkých a vzdálených částí

Barva

- Stejná kryje
- Komplementární zvýrazní
- UV, IR

Povrch

- Matný, reflexní, struktura
- Směrové, difúzní
- Směr
- Polarizace

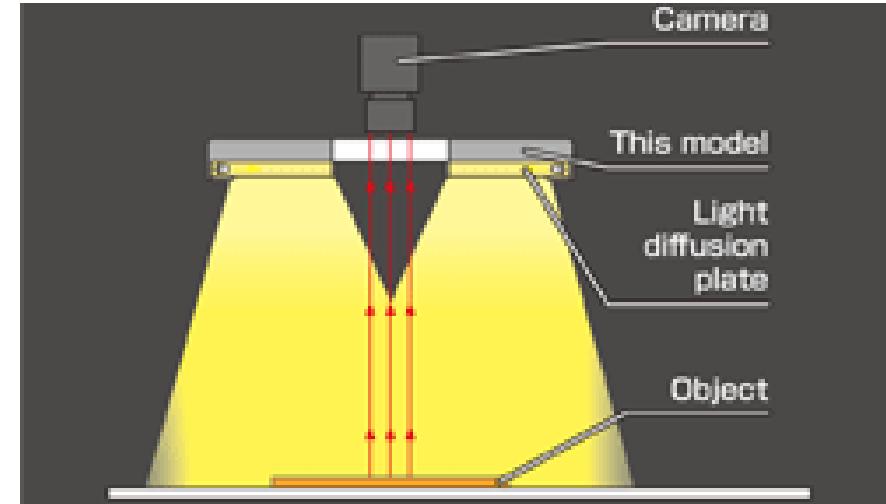
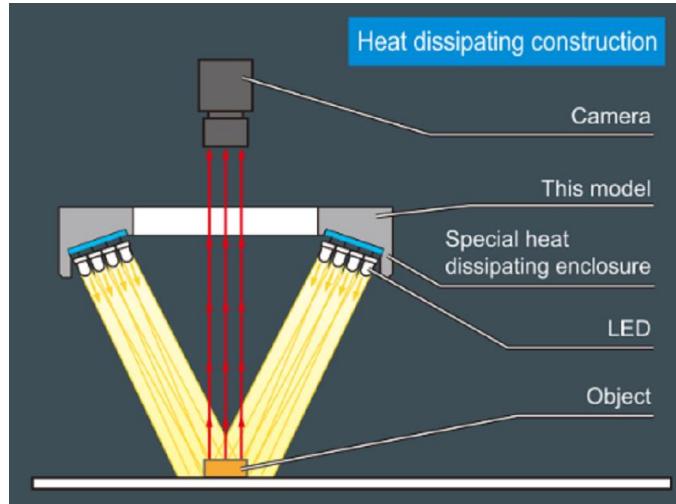
Velikost a umístění

- Velikost a vzdálenost od světla
- Integrace do stísněného prostoru stroje



Osvětlení – směrové nebo difúzní

- Směrové
 - Intenzivní přímé nasvícení
 - Materiál s matným povrchem
 - Zvýraznění prostorového uspořádání
- Difúzní
 - Homogenní nepřímé nasvícení
 - Materiál s lesklým i matným povrchem
 - Skrytí prostorových prvků

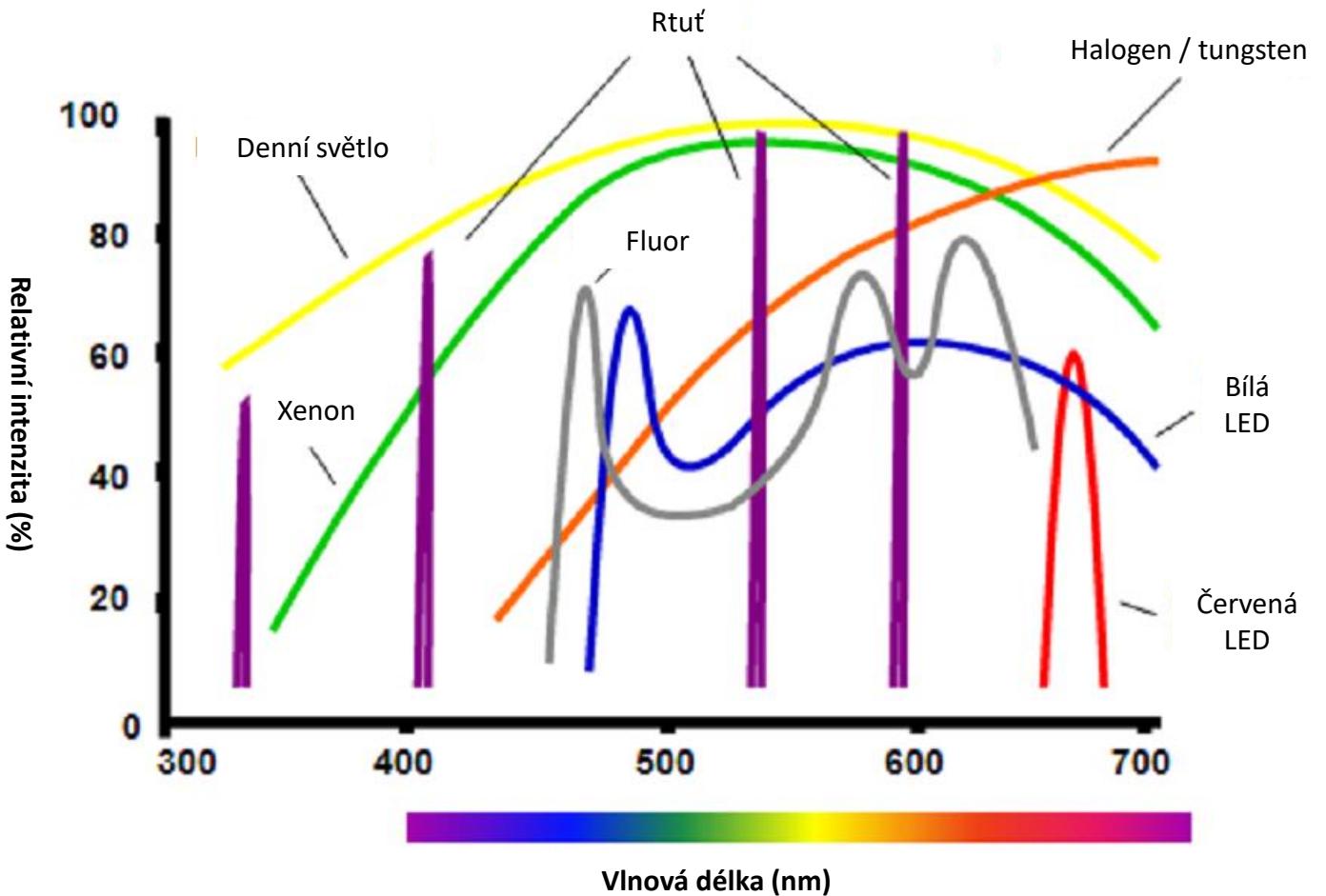


Osvětlení – vyzařovací úhel



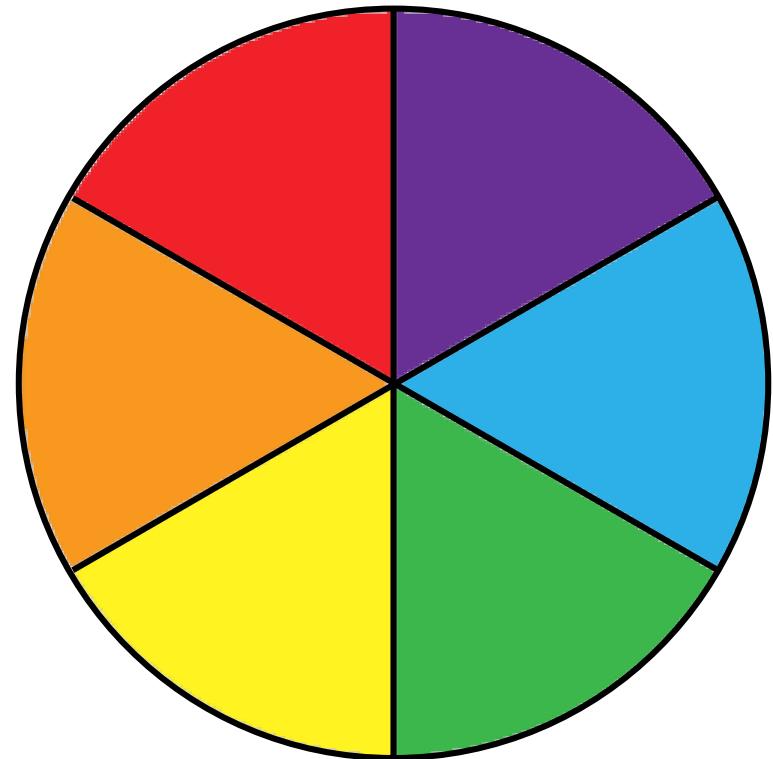
Osvětlení – zdroj světla

- Barevnost objektu
- Spektrální citlivost kamery
- Životnost a stálost
- Emise tepla



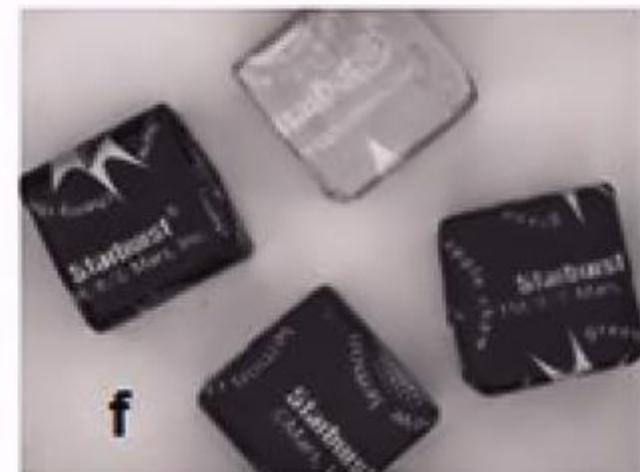
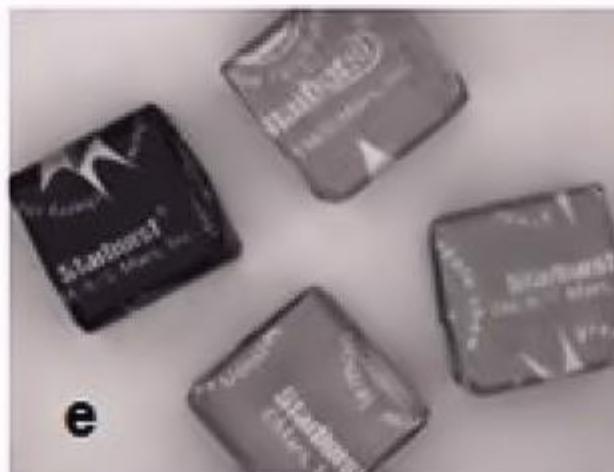
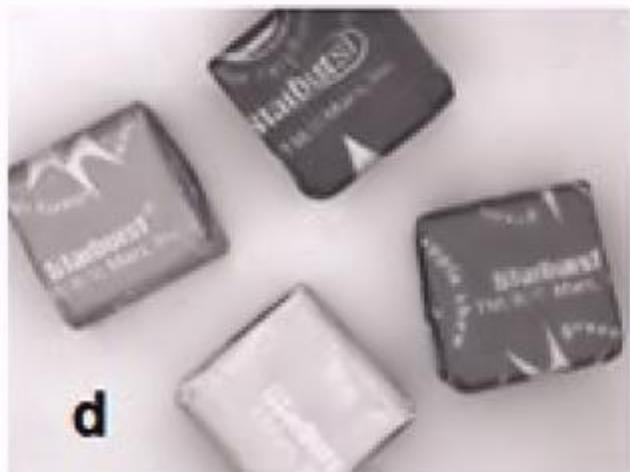
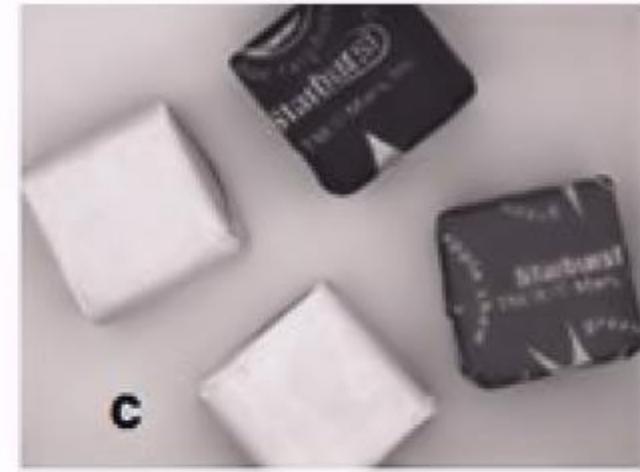
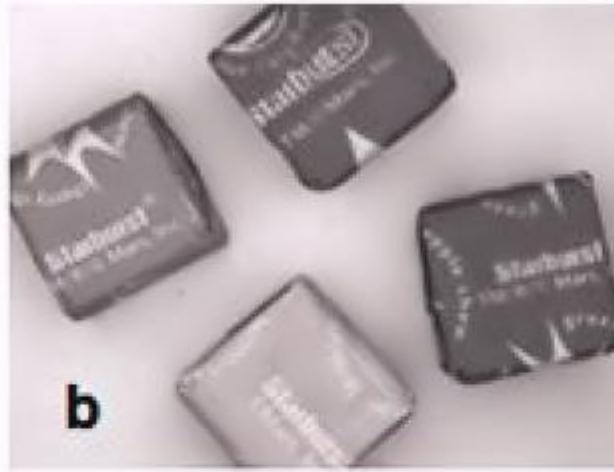
Osvětlení

- Širokospektrální
 - Přirozené vnímání
 - Barevné kamery
 - Barevná vada optiky
- Monochromatické
 - Úzké pásmo vlnových délek
 - Zvýšení kontrastu
 - Eliminace barevné vady

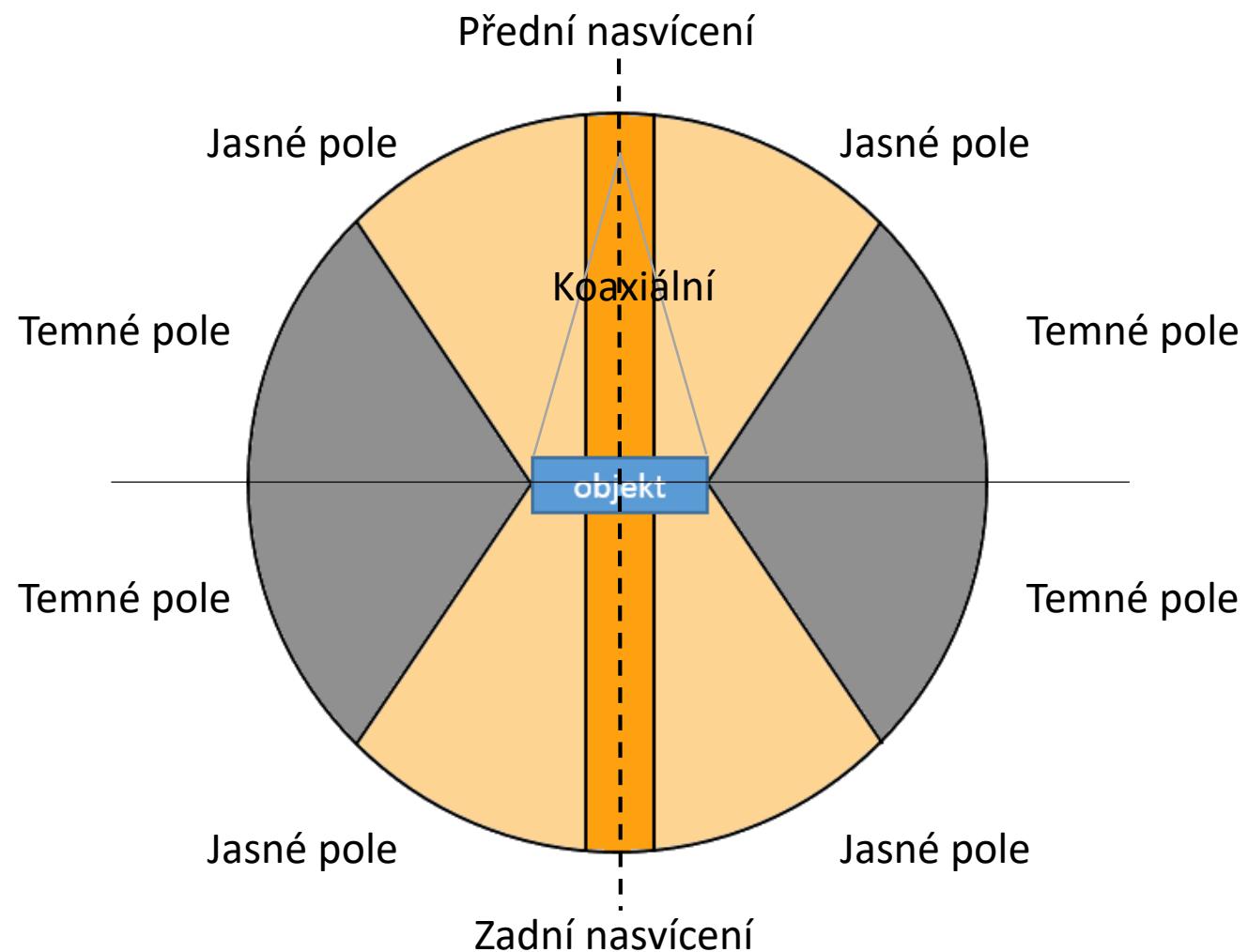


Barva světla je absorbována povrchem s protilehlou barvou

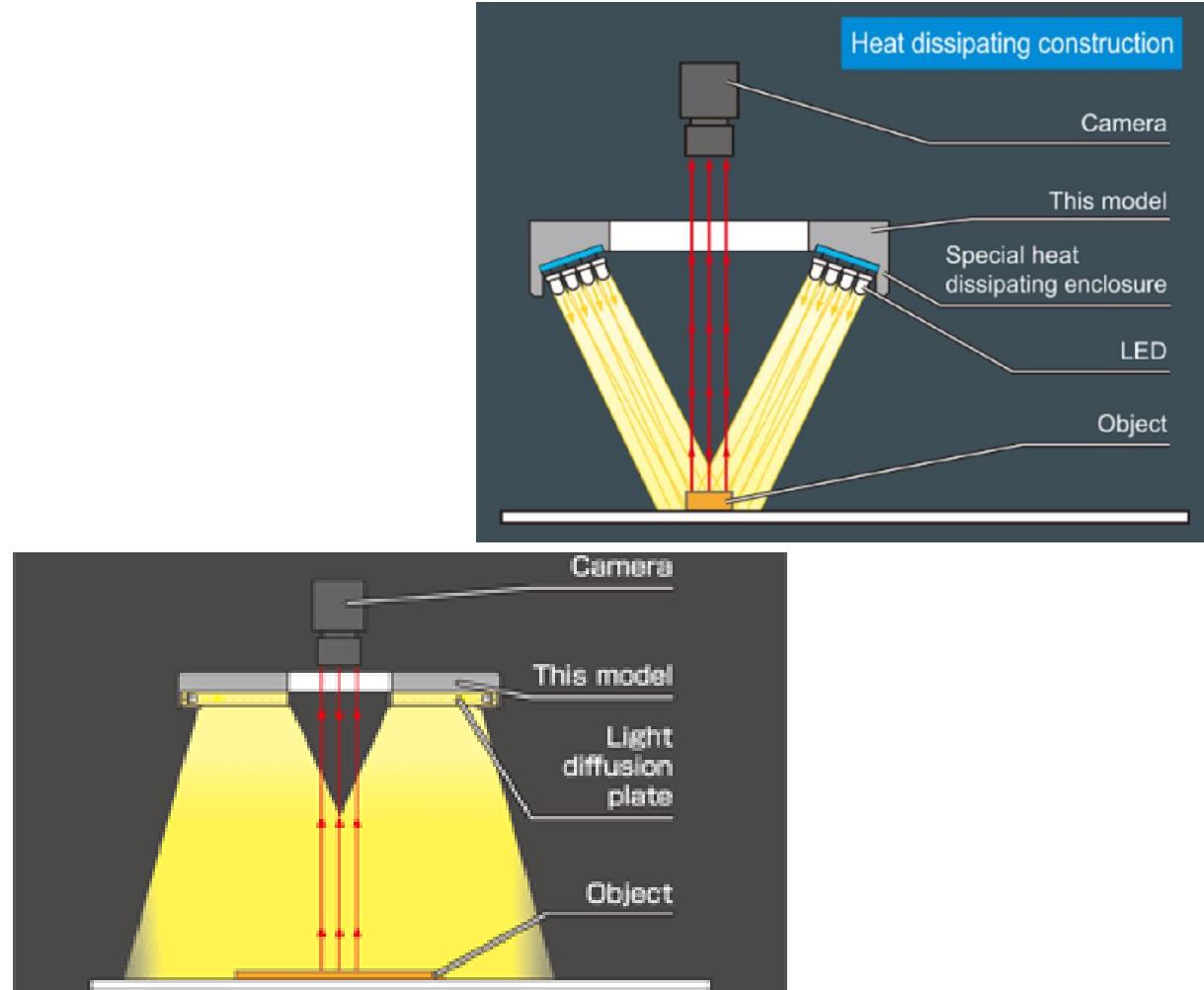
Osvětlení – jaká barva byla použita?



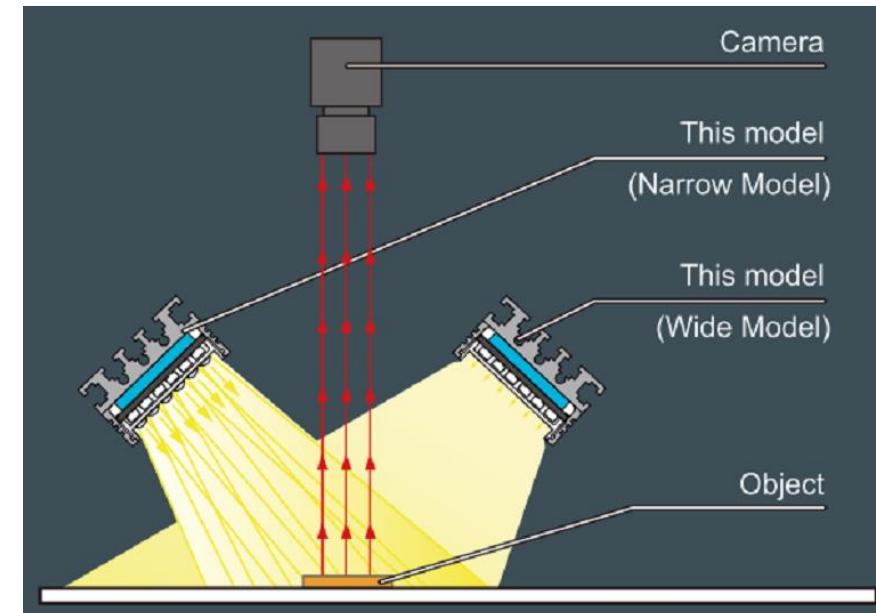
Osvětlení – základní uspořádání



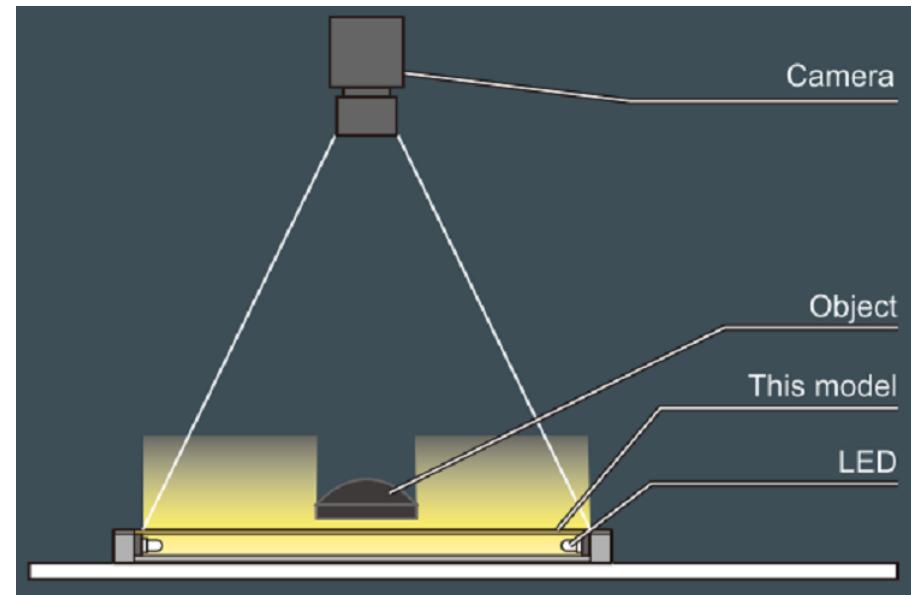
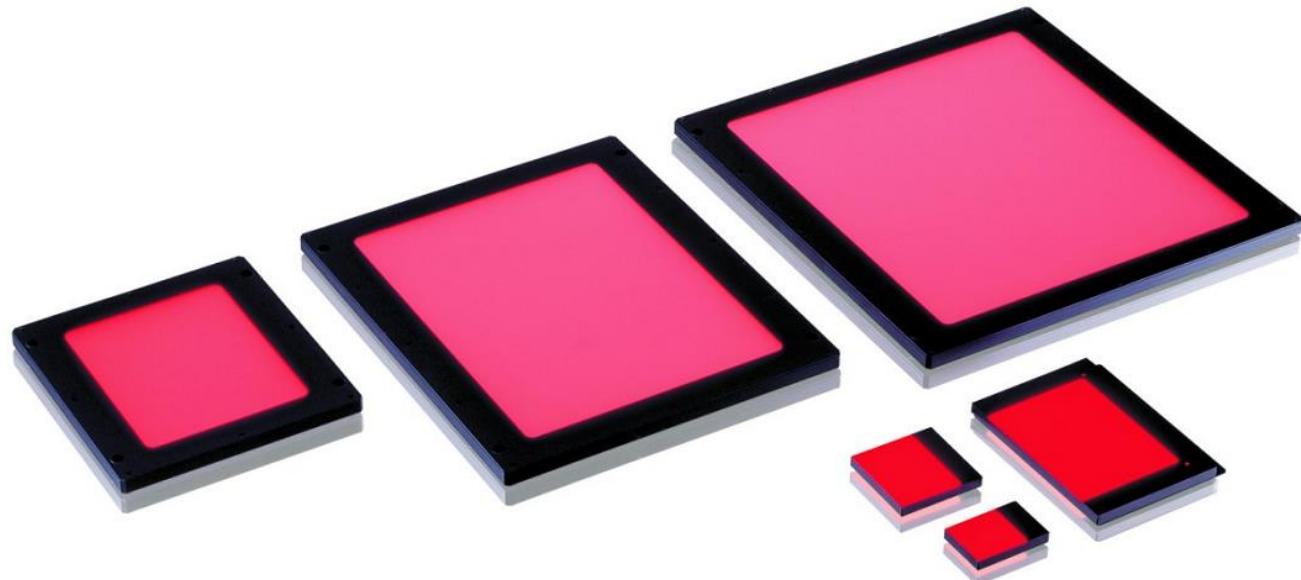
Osvětlení – přímé (ring)



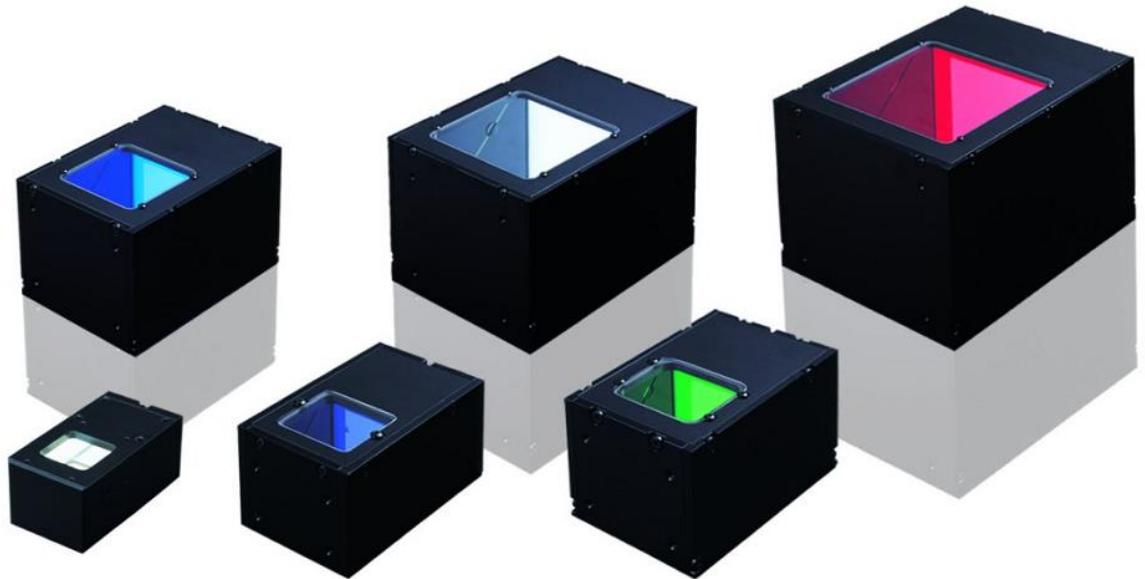
Osvětlení – přímé (flat)



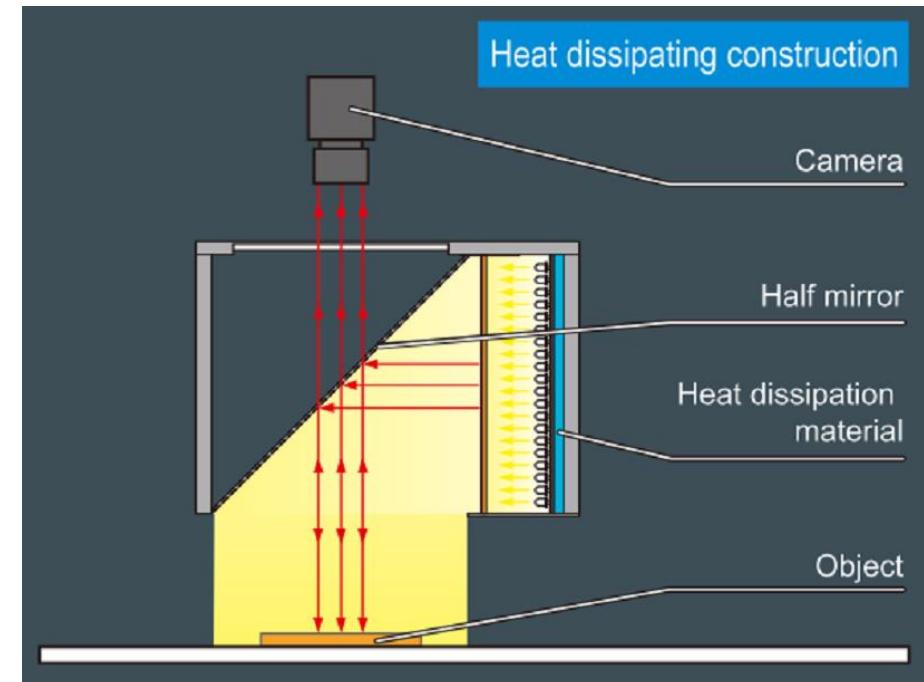
Osvětlení – zadní (back)



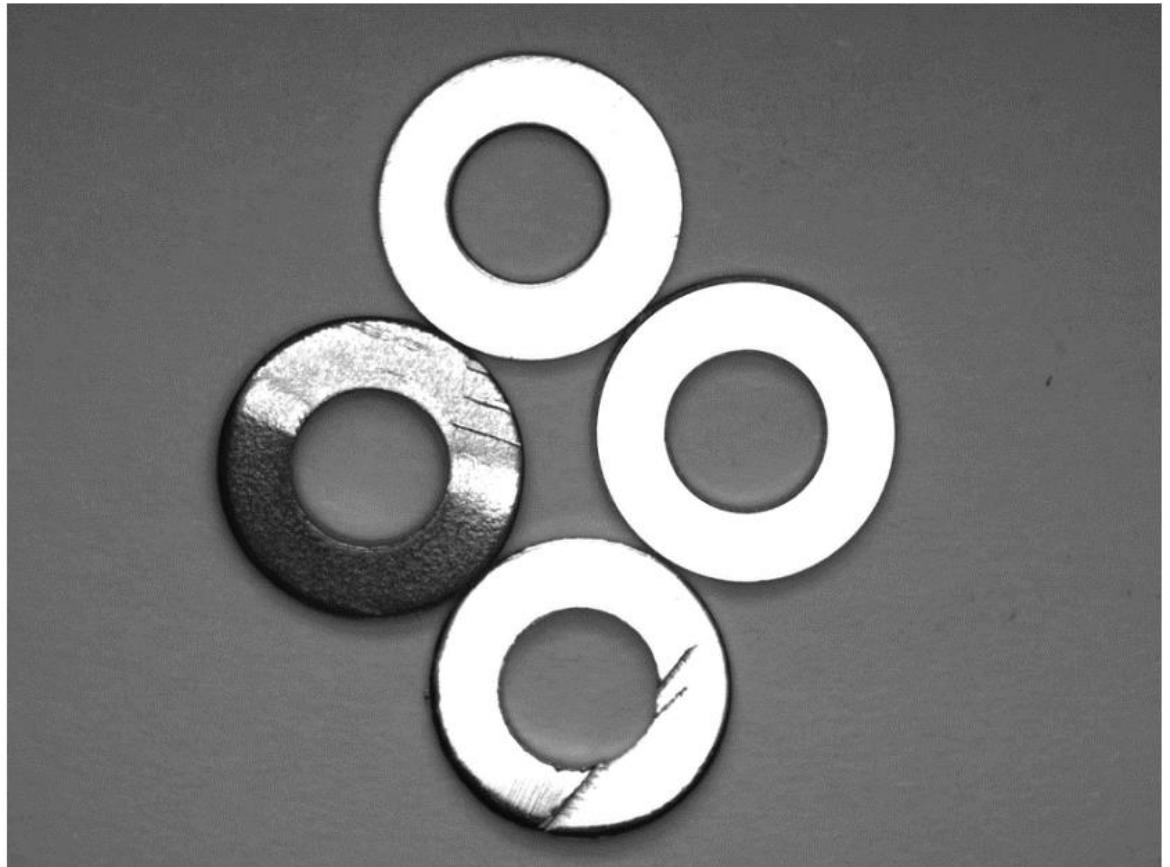
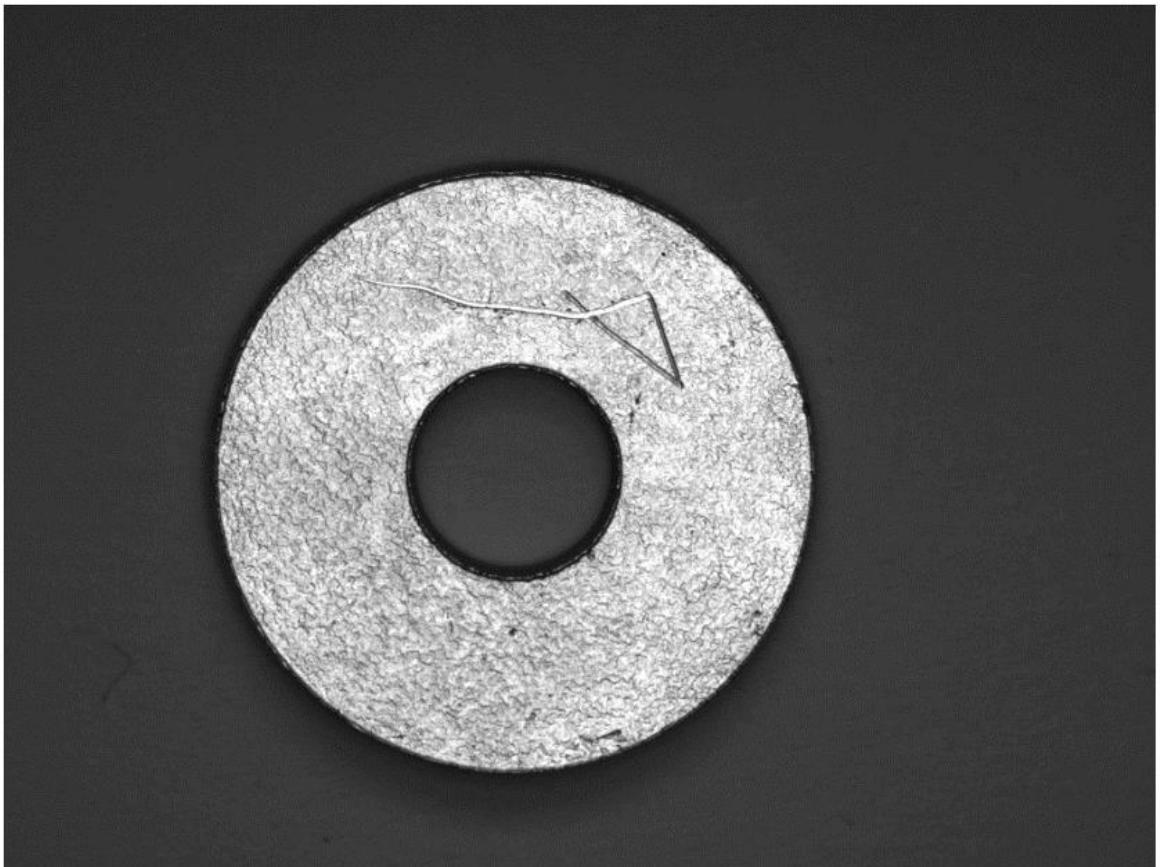
Osvětlení – koaxiální (doal)



DOAL = Diffused On Axis Light



Osvětlení – defekty povrchů



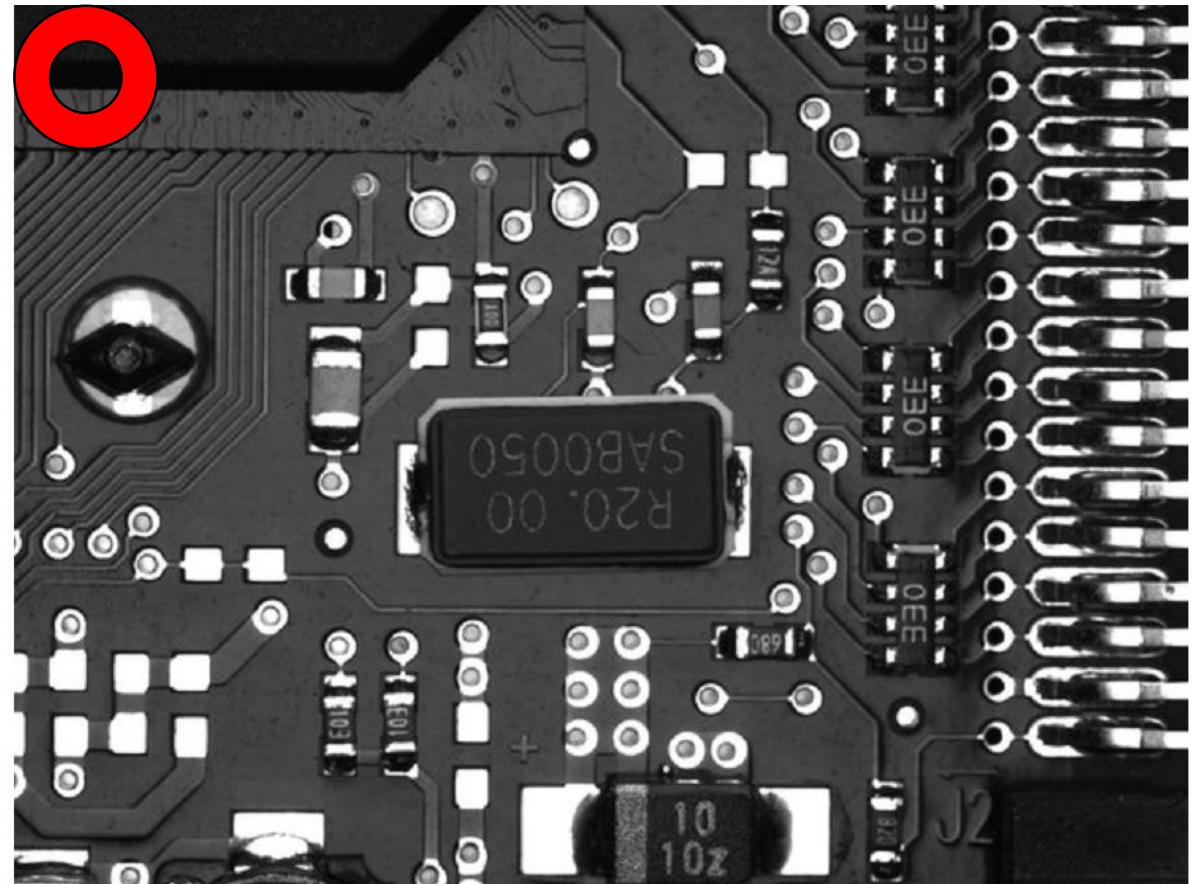
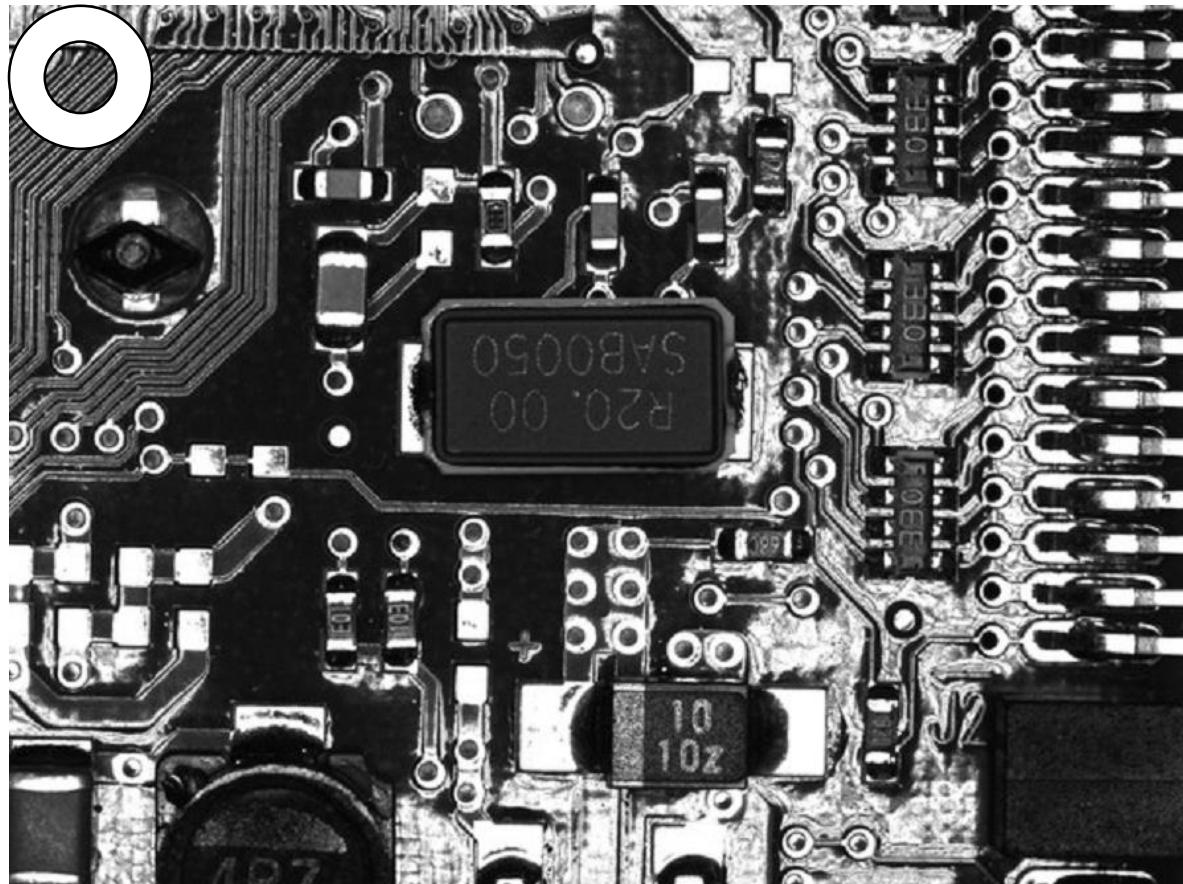
Osvětlení – inspekce potisků



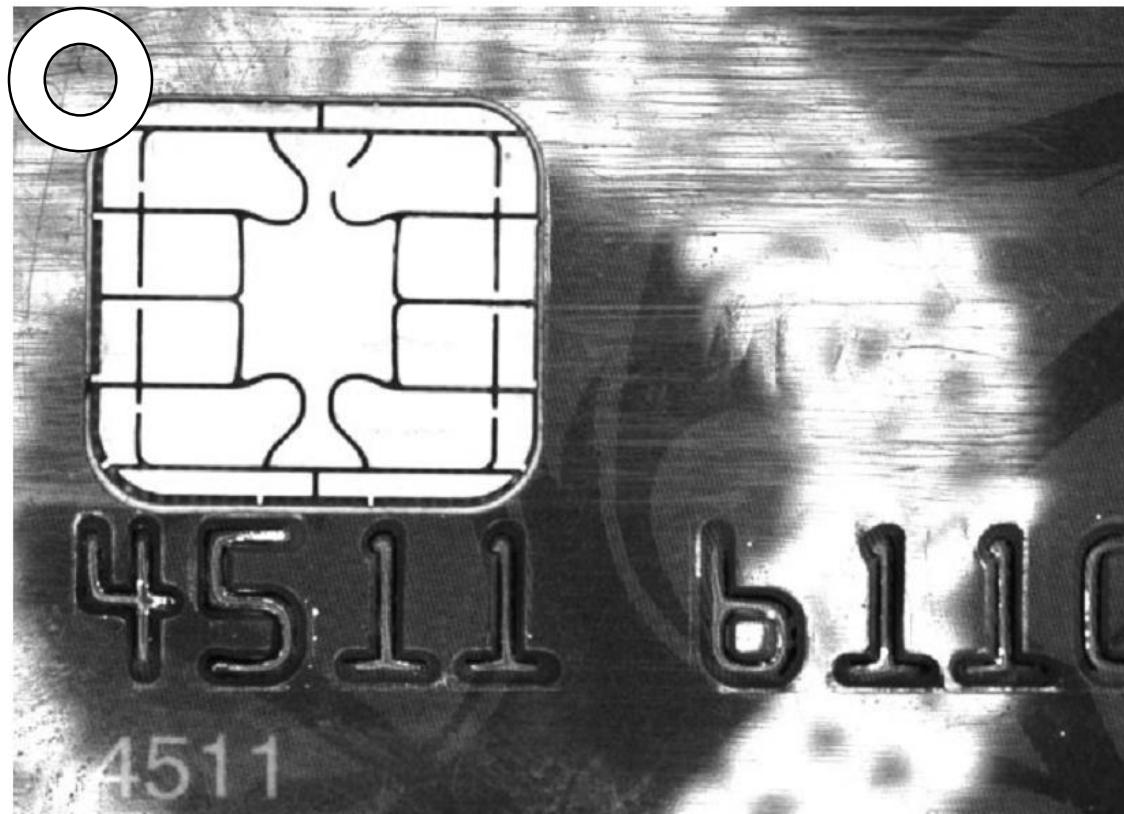
Osvětlení – inspekce pinů



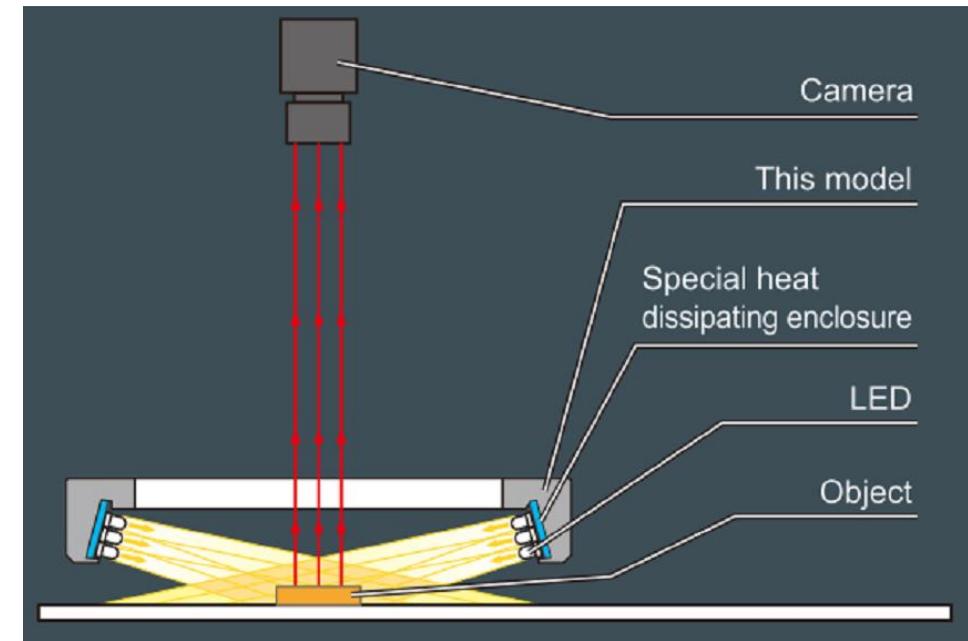
Osvětlení – inspekce plošných spojů



Osvětlení – reliéfy a hladké povrchy



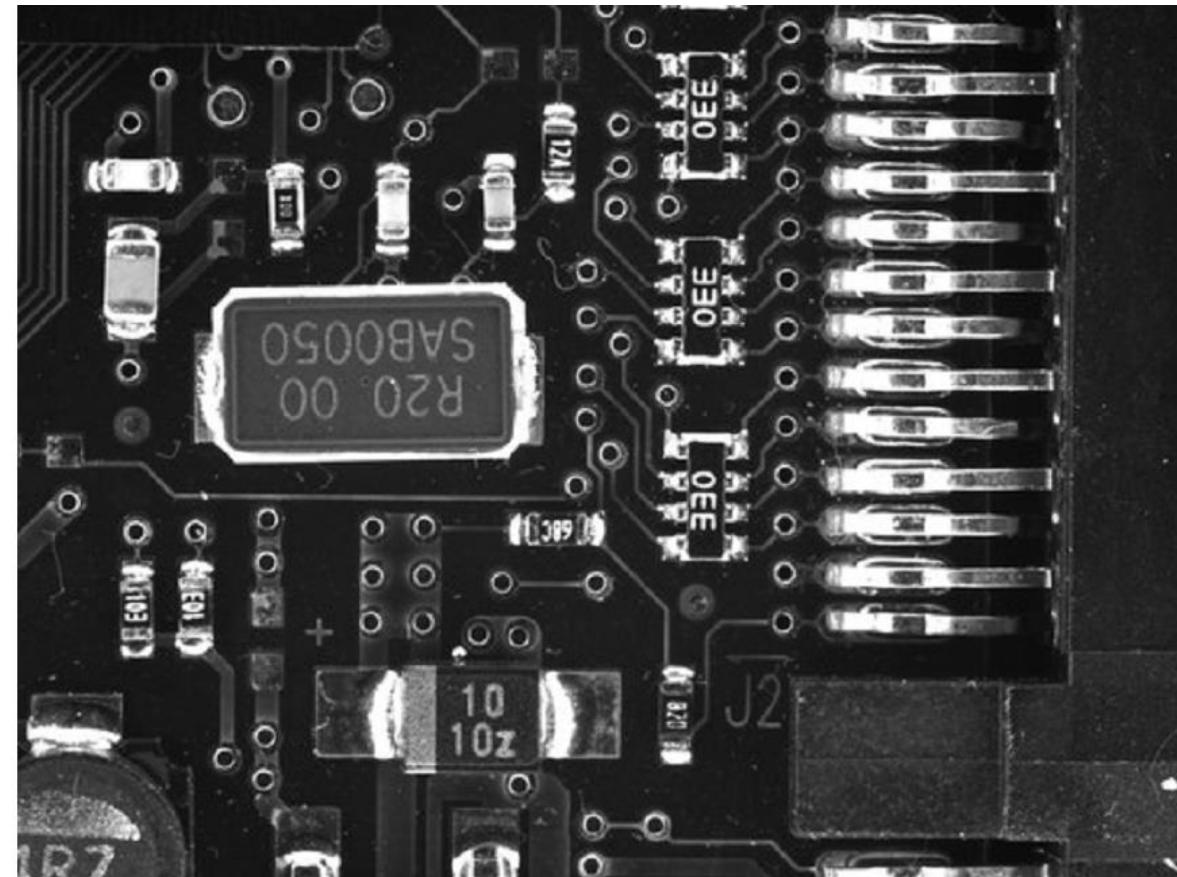
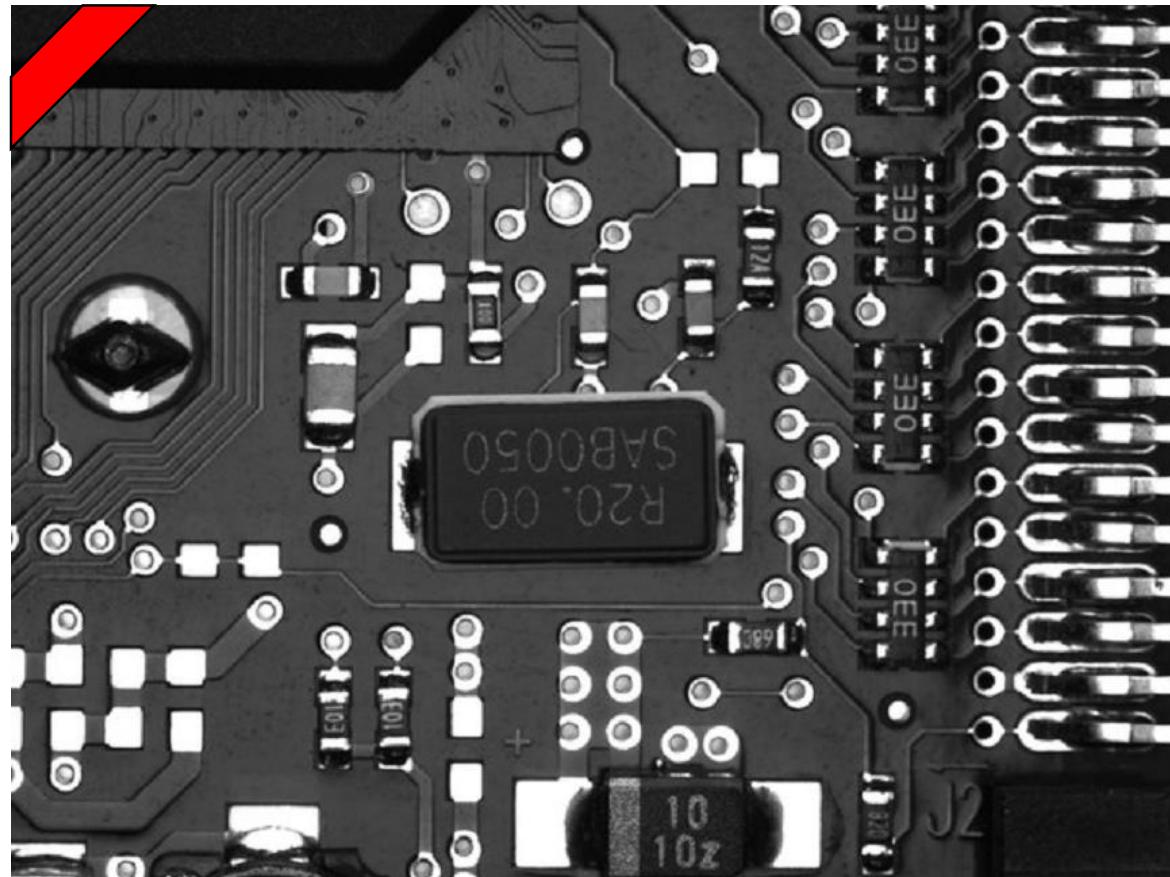
Osvětlení – temné pole (dark field)



Osvětlení – zvýraznění reliéfu



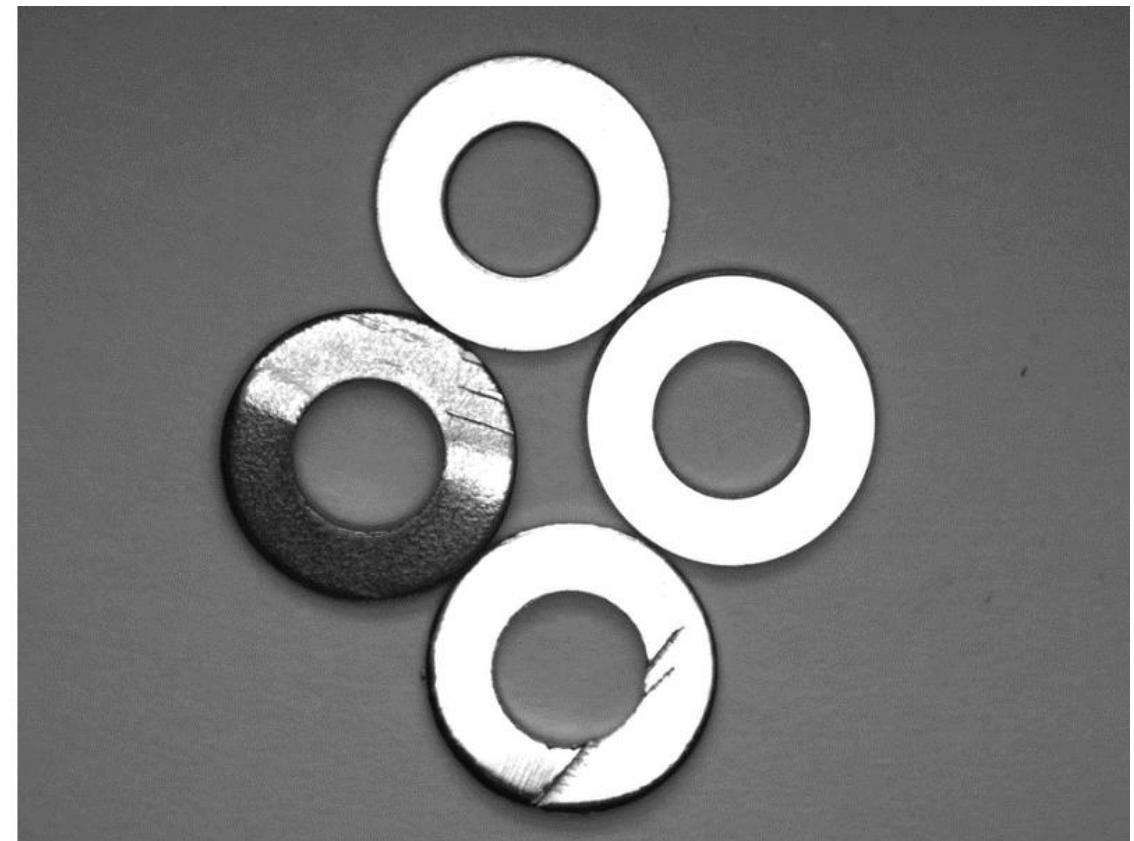
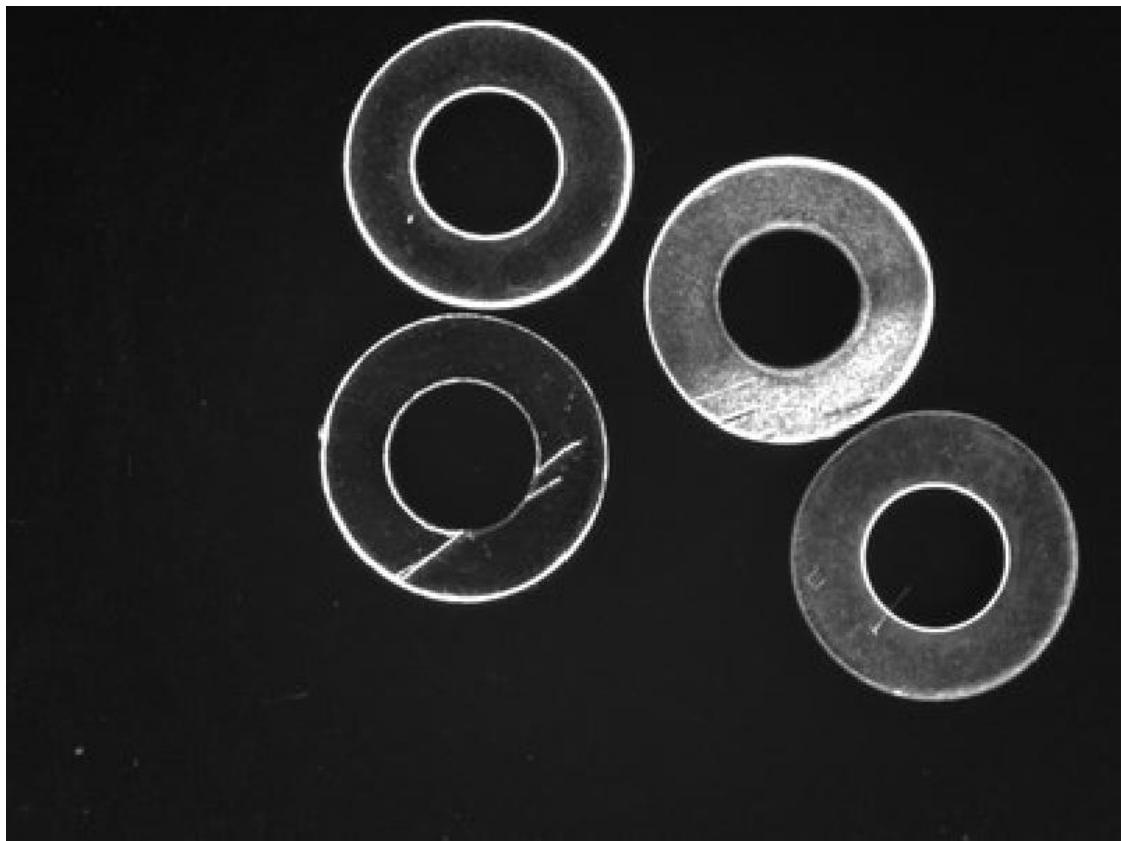
Osvětlení – plošné spoje



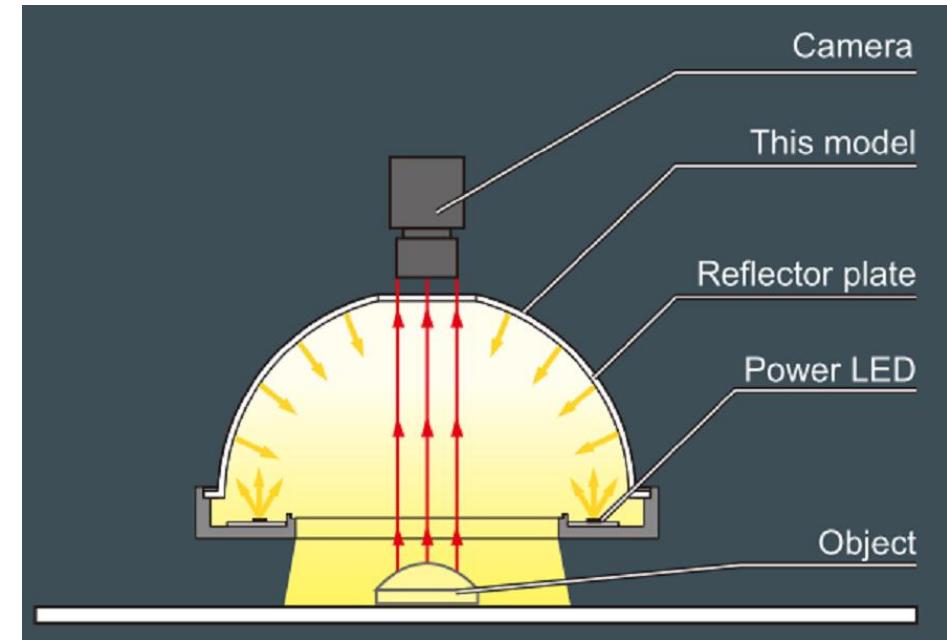
Osvětlení – reliéfy v transparentních materiálech



Osvětlení – detekce vad



Osvětlení – kopulové (dome)



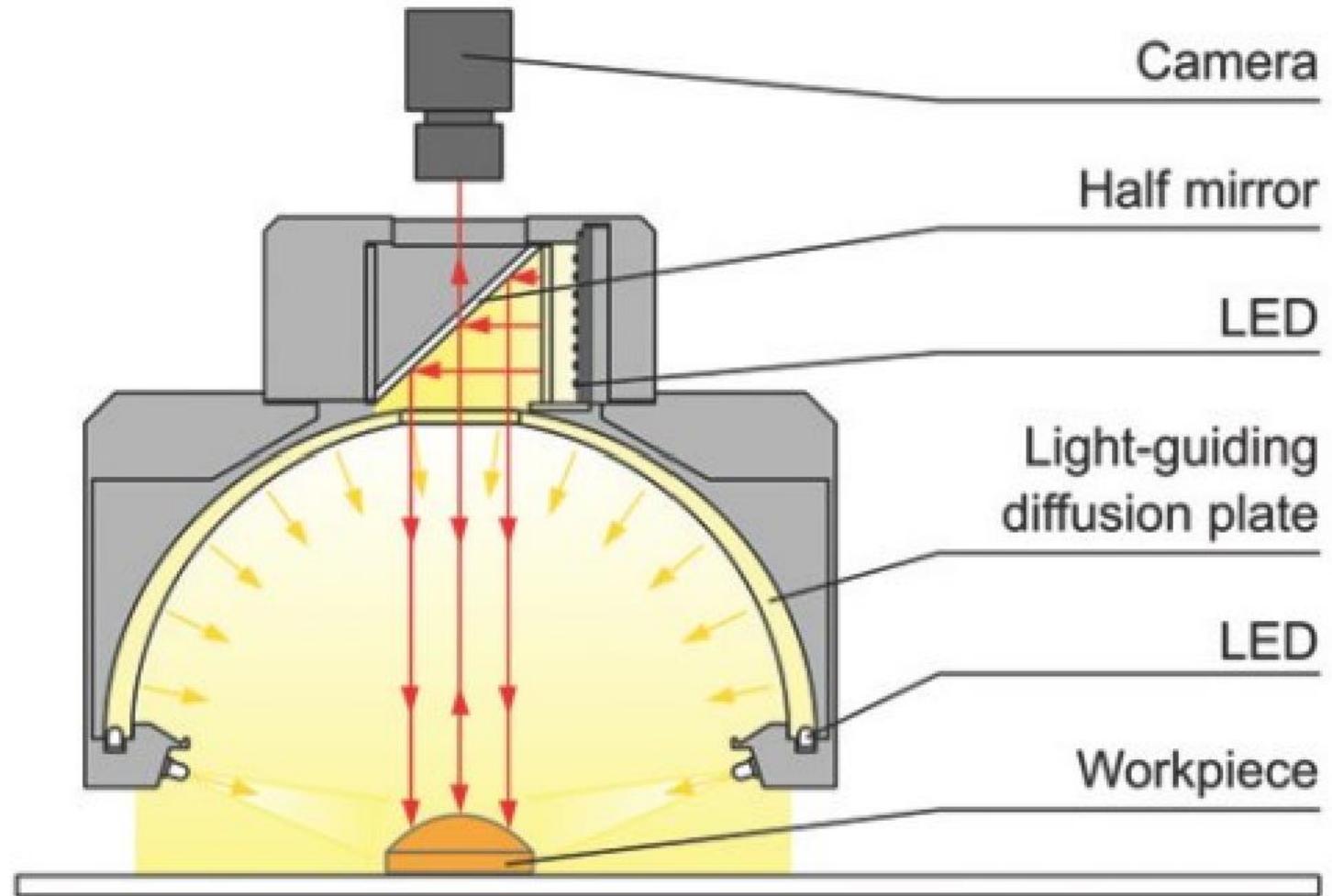
Osvětlení – lesklé povrhy (zaoblené)



Osvětlení – lesklé povrchy (obaly)



Osvětlení – kombinace



Uspořádání měřicího pracoviště



KATE

objektiv

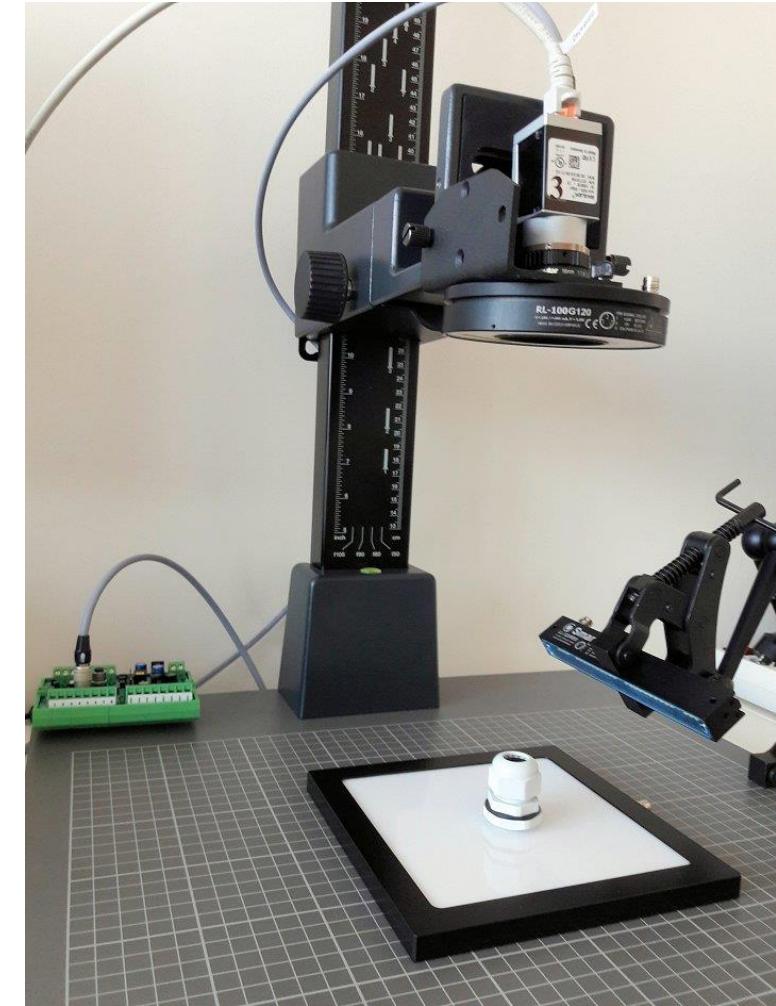
NOGA

PC

kamera

stojan

světlo



Studie: Měření dílů

- **Zadání**

- Plastový výlisek, rozměry 100 x 200 mm
- Měření rozměrů s přesností 0,3 mm
- Umístění kamery ve vzdálenosti 400 – 600 mm



Studie: Měření dílů

- Výběr kamery



Basler ace
acA1600-20gm

- 1626 x 1236
- 20 fps
- 1/1.8"
- 7,2 x 5,4 mm



Basler ace
acA2040-120uc

- 2048 x 1536
- 120 fps
- 1/1.8"
- 7,1 x 5,3 mm



Basler ace
acA720-520um

- 720 x 540
- 525 fps
- 1/2.9"
- 5 x 3,7 mm



Studie: Měření dílů

- Výběr kamery

- Minimální rozlišení:

- ?

- Vhodné je počítat s přesahem cca 10 %

- ?



Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626 x 1236
- 20 fps
- 1/1.8"
- 7,2 x 5,4 mm



Basler ace
[acA2040-120uc](#)

- 2048 x 1536
- 120 fps
- 1/1.8"
- 7,1 x 5,3 mm



Basler ace
[acA720-520um](#)

- 720 x 540
- 525 fps
- 1/2.9"
- 5 x 3,7 mm



Studie: Měření dílů

- **Výběr kamery**

- Minimální rozlišení:

- $\left(\frac{200}{0,3}\right) \cdot 2 = 1333 \text{ px}$

- Vhodné je počítat s přesahem cca 10 %

- $1333 \cdot 1,1 = 1466 \text{ px}$
- $200 \cdot 1,1 = 220 \text{ mm}$



Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626 x 1236
- 20 fps
- 1/1.8"
- 7,2 x 5,4 mm



Basler ace
[acA2040-120uc](#)

- 2048 x 1536
- 120 fps
- 1/1.8"
- 7,1 x 5,3 mm



Basler ace
[acA720-520um](#)

- 720 x 540
- 525 fps
- 1/2.9"
- 5 x 3,7 mm



Studie: Měření dílů

- **Výběr kamery**

- Minimální rozlišení:

- $\left(\frac{200}{0,3}\right) \cdot 2 = 1333 \text{ px}$

- Vhodné je počítat s přesahem cca 10 %

- $1333 \cdot 1,1 = 1466 \text{ px}$
- $200 \cdot 1,1 = 220 \text{ mm}$



Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626 x 1236
- 20 fps
- 1/1.8"
- 7,2 x 5,4 mm



Basler ace
[acA2040-120uc](#)

- 2048 x 1536
- 120 fps
- 1/1.8"
- 7,1 x 5,3 mm



Basler ace
[acA720-520um](#)

- 720 x 540
- 525 fps
- 1/2.9"
- 5 x 3,7 mm



Studie: Měření dílů



- **Skutečné hodnoty**

- Rozlišení s touto kamerou:
 - ?

- Přesnost:
 - ?

- *Pozn.: výpočet nezahrnuje vadu optiky!*

Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626 x 1236
- 20 fps
- 1/1.8"
- 7,2 x 5,4 mm



Studie: Měření dílů



- **Skutečné hodnoty**

- Rozlišení s touto kamerou:

- $\frac{220}{1626} = 0,135 \text{ mm} \cdot \text{px}^{-1}$

Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626×1236
- 20 fps
- $1/1.8"$
- $7,2 \times 5,4 \text{ mm}$

- Přesnost:

- $0,135 \cdot 2 = 0,27 \text{ mm}$

- *Pozn.: výpočet nezahrnuje vadu optiky!*



Studie: Měření dílů

- **Zadání**

- Plastový výlisek, rozměry 100 x 200 mm
- Měření rozměrů s přesností $\pm 0,3$ mm
- Umístění kamery ve vzdálenosti 400 – 600 mm



Studie: Měření dílů

- **Výběr objektivu**



Basler Lens

[C125-1620-5M](#)

- C-mount
- 1/2.5"
- F 2.0 – 22.0
- f 16 mm



Computar Lens

[M1614-MP2](#)

- C-mount
- 2/3"
- F 1.4 – 16.0
- f 16 mm



Basler Lens

[C23-1216-2M](#)

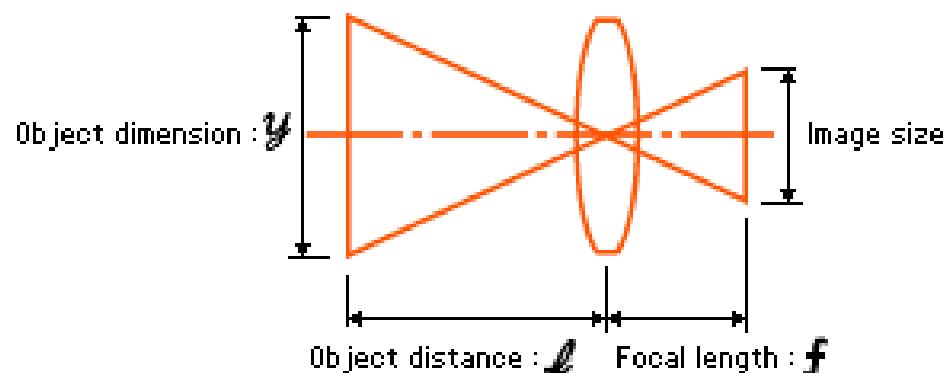
- C-mount
- 2/3"
- F 1.6 – 16.0
- f 12 mm

Studie: Měření dílů

- Výběr objektivu

$$\frac{Y}{L} = \frac{Y'}{f}$$

$$f = Y' \cdot \frac{L}{Y}$$



Basler Lens
[C125-1620-5M](#)

- C-mount
- 1/2.5"
- F 2.0 – 22.0
- f 16 mm



Computar Lens
[M1614-MP2](#)

- C-mount
- 2/3"
- F 1.4 – 16.0
- f 16 mm



Basler Lens
[C23-1216-2M](#)

- C-mount
- 2/3"
- F 1.6 – 16.0
- f 12 mm

Studie: Měření dílů



- **Výběr objektivu**

- Velikost objektu
- Vzdálenost objektu
- Velikost obrazu

Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626 x 1236
- 20 fps
- 1/1.8"
- 7,2 x 5,4 mm

$$f = Y' \cdot \frac{L}{Y}$$

Studie: Měření dílů



- **Výběr objektivu**

- Velikost objektu $Y = 220 \text{ mm}$
- Vzdálenost objektu $L = 500 \text{ mm}$
- Velikost obrazu $Y' = 7,2 \text{ mm}$

Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626×1236
- 20 fps
- $1/1.8''$
- $7,2 \times 5,4 \text{ mm}$

$$f = Y' \cdot \frac{L}{Y}$$

Studie: Měření dílů



- **Výběr objektivu**

- Velikost objektu $Y = 220 \text{ mm}$
- Vzdálenost objektu $L = 500 \text{ mm}$
- Velikost obrazu $Y' = 7,2 \text{ mm}$

Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626×1236
- 20 fps
- $1/1.8''$
- $7,2 \times 5,4 \text{ mm}$

$$f = Y' \cdot \frac{L}{Y} = 7,2 \cdot \frac{500}{220} = 16,36 \text{ mm}$$

Studie: Měření dílů

- Výběr objektivu

$f = 16,36 \text{ mm}$



Basler ace

[acA1600-20gm](#)

- 1626×1236
- 20 fps
- $1/1.8''$
- $7,2 \times 5,4 \text{ mm}$



Basler Lens

[C125-1620-5M](#)

- C-mount
- $1/2.5''$
- F 2.0 – 22.0
- f 16 mm



Computar Lens

[M1614-MP2](#)

- C-mount
- $2/3''$
- F 1.4 – 16.0
- f 16 mm



Basler Lens

[C23-1216-2M](#)

- C-mount
- $2/3''$
- F 1.6 – 16.0
- f 12 mm

Studie: Měření dílů

• Výběr objektivu

$f = 16,36 \text{ mm}$



Basler ace

[acA1600-20gm](#)

- 1626×1236
- 20 fps
- $1/1.8''$
- $7,2 \times 5,4 \text{ mm}$



Basler Lens

[C125-1620-5M](#)

- C-mount
- $1/2.5''$
- F 2.0 – 22.0
- $f 16 \text{ mm}$



Computar Lens

[M1614-MP2](#)

- C-mount
- $2/3''$
- F 1.4 – 16.0
- $f 16 \text{ mm}$



Basler Lens

[C23-1216-2M](#)

- C-mount
- $2/3''$
- F 1.6 – 16.0
- $f 12 \text{ mm}$

Studie: Měření dílů

- **Skutečné hodnoty**

- Reálná hodnota pracovní vzdálenosti:
 - ?

- *Pozn.: vzorec nerespektuje skutečné rozměry objektivu!*



Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626 x 1236
- 20 fps
- 1/1.8"
- 7,2 x 5,4 mm



Computar Lens
[M1614-MP2](#)

- C-mount
- 2/3"
- F 1.4 – 16.0
- f 16 mm



Studie: Měření dílů

• Skutečné hodnoty

- Reálná hodnota pracovní vzdálenosti:

$$\bullet L = f \cdot \frac{Y}{Y'} = 16 \cdot \frac{220}{7,2} = 489 \text{ mm}$$

- Pozn.: vzorec nerespektuje skutečné rozměry objektivu!
 - $L' = L + 28,2 = 517 \text{ mm}$



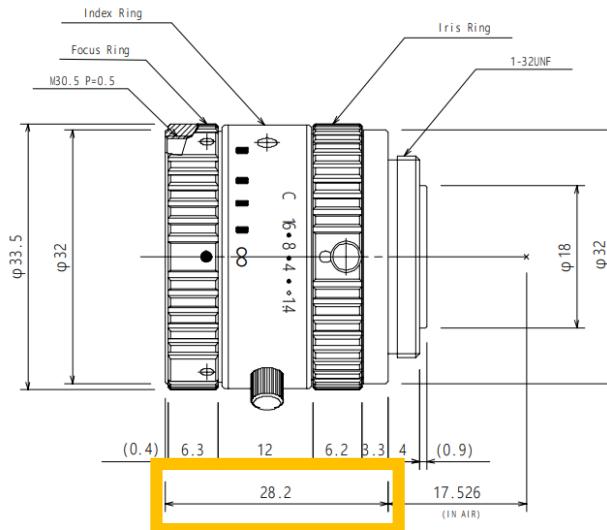
Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626 x 1236
- 20 fps
- 1/1.8"
- 7,2 x 5,4 mm



Computar Lens
[M1614-MP2](#)

- C-mount
- 2/3"
- F 1.4 – 16.0
- f 16 mm



Studie: Měření dílů

• Výsledek

- Plastový výlisek, rozměry
- Měření rozměrů s přesností
- Umístění kamery ve vzdálenosti
- Měření rozměrů s přesností
- Umístění kamery ve vzdálenosti

100 x 200 mm

0,3 mm

400 – 600 mm

0,27 mm

517 mm



Basler ace
[acA1600-20gm](#)

- 1626 x 1236
- 20 fps
- 1/1.8"
- 7,2 x 5,4 mm

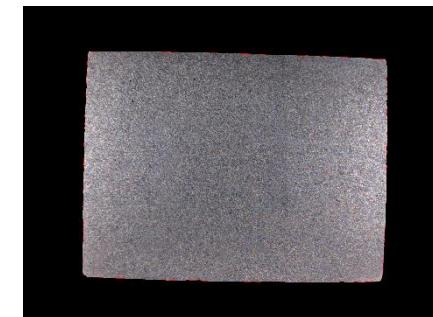
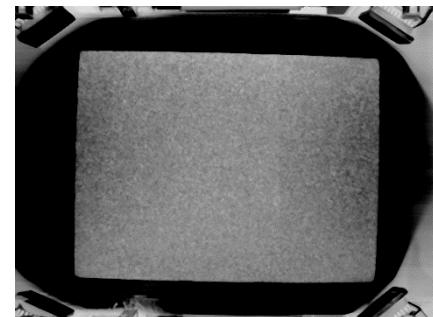


Computar Lens
[M1614-MP2](#)

- C-mount
- 2/3"
- F 1.4 – 16.0
- f 16 mm

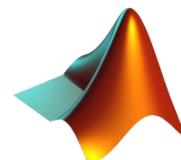


Zpracování obrazu – přístup



Software pro zpracování obrazu

- Software
 - Photoshop
 - Matlab Image Processing Toolbox
 - LabView / Vision Builder
 - Impro



- Knihovny
 - OpenCV
 - C++, Python, Java
 - ImageJ / Fiji
 - Java
 - scikit-image
 - Python

