



# 3D KAMERY A TECHNOLOGIE

... strojové vidění nás baví

# KDO JSME



- Vznik v roce 2013, spol. s r.o.
- 5 majitelů, pouze vlastní kapitál
- Dnes 18 zaměstnanců, 3 ext. spolupracovníci
- Vazba na technickou univerzitu
- Obrat v roce 2015 cca 1,5 mil. Euro

Novinka: Dceřiná společnost ATEsystem Jablonec s.r.o.

„Soustředujeme odborníky s mnohaletou praxí v oblasti strojového vidění v průmyslu“

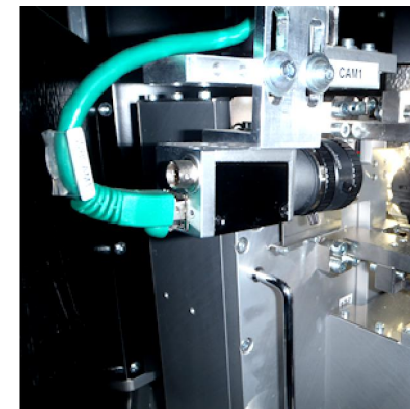
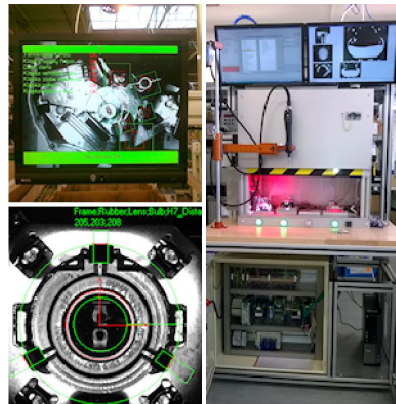
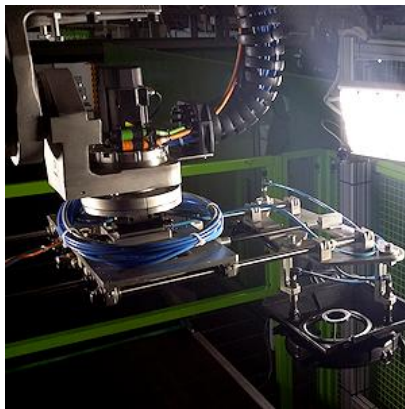


Sídlo: Podnikatelský inkubátor v areálu VŠB – TU Ostrava

# CO DĚLÁME

system  
ATE

- Služby pro průmysl, výrobu a výzkum
- Kamerové systémy pro kontrolu kvality
- Subdodávky systémů strojového vidění
- Algoritmy pro zpracování obrazu

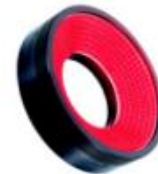


Individuální řešení na míru \* Flexibilita \* Spolehlivost \* Profesionální přístup

# CO PRODÁVÁME

system  
ATE

- Distribuce kamer a příslušenství pro strojové vidění
- Studie proveditelnosti, testy, zápůjčky
- Technická podpora
- Školení a semináře



Individuální řešení na míru \* Flexibilita \* Spolehlivost \* Profesionální přístup



# PARTNEŘI

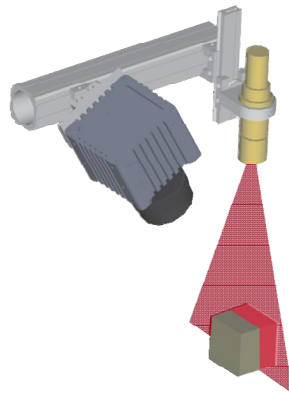


## DISTRIBUCE SVĚTOVÝCH ZNAČEK

školení a technická podpora



# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

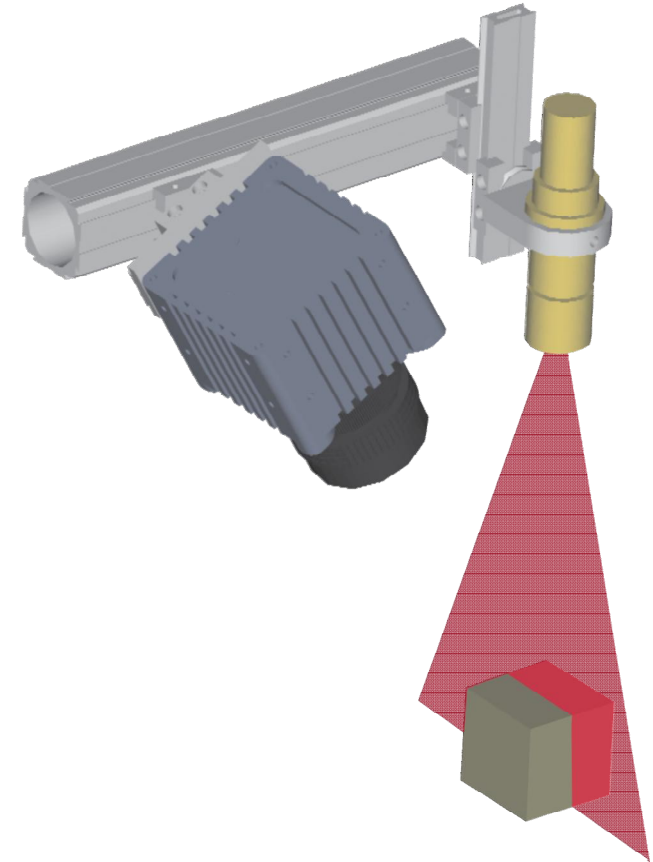


...technologie  
...aplikace  
...specifika

# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## PRINCIP

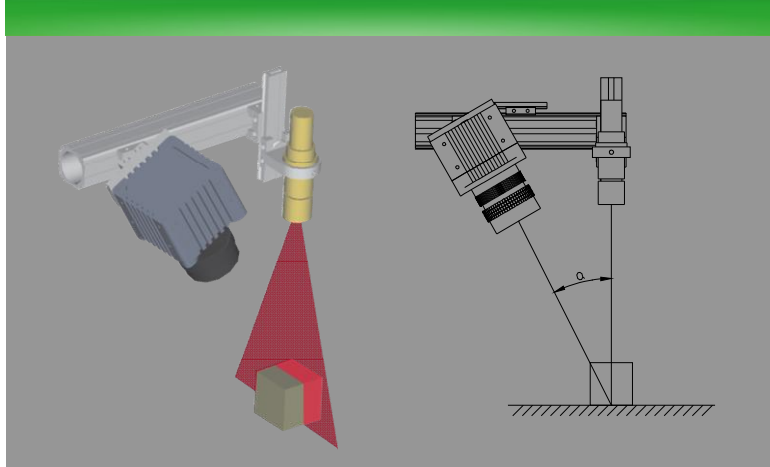
- Kamery využívají princip snímání laserové stopy, která se vykresluje na měřeném objektu
- Pro změření 3D povrchu objektu se musí objekt nebo kamera pohybovat



# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## PRINCIP

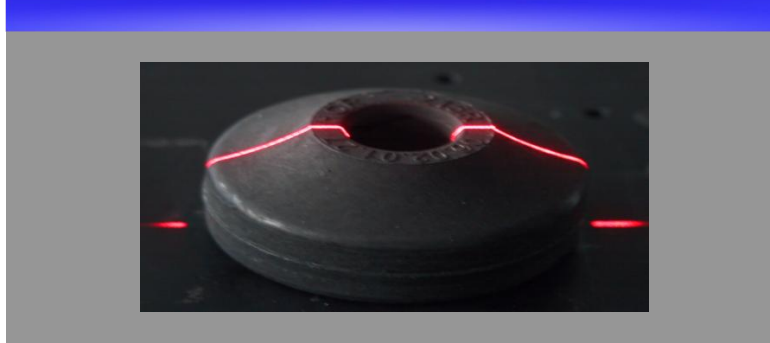
### TRIANGULAČNÍ GEOMETRIE



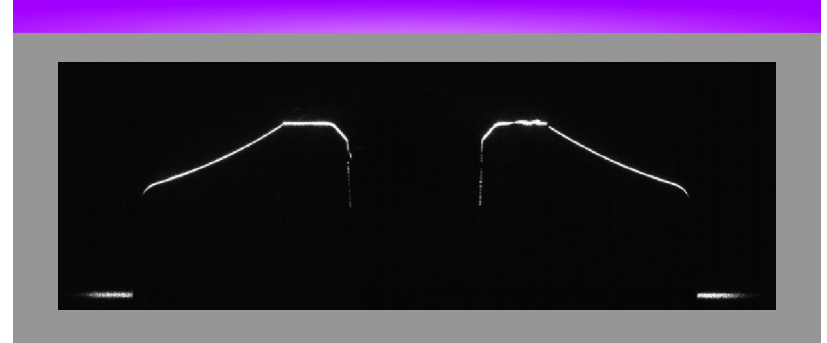
### PŘÍKLAD



### OBRAZ CÍLOVÉHO OBJEKTU

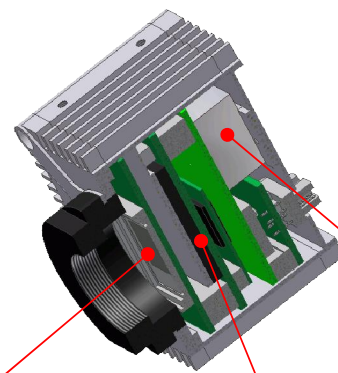
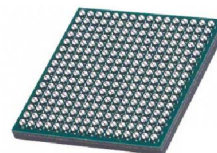
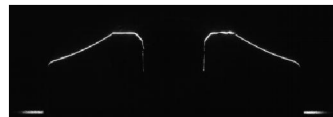
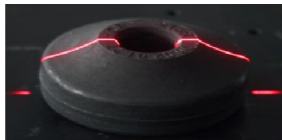
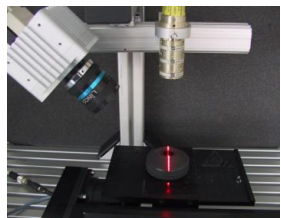


### STOPA ZACHYCENÁ KAMEROU



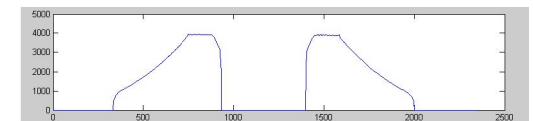
# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## POSTUP ZPRACOVÁNÍ OBRAZU V KAMEŘE



Sejmutí obrazu vysokorychlostním CMOS snímačem

Zpracování obrazu v kameře (FPGA technologie)



Výstupní profil  
přes Camera Link nebo GigE Vision

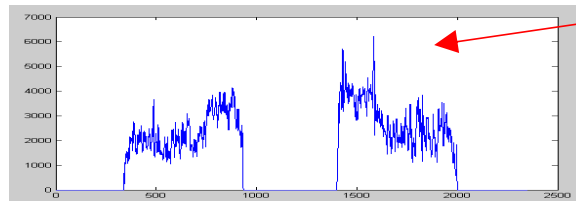
**Frekvence profilů až 72 000 Hz!**

# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

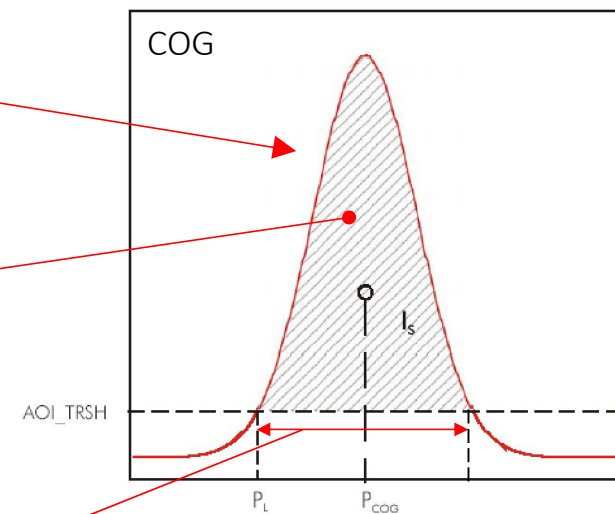
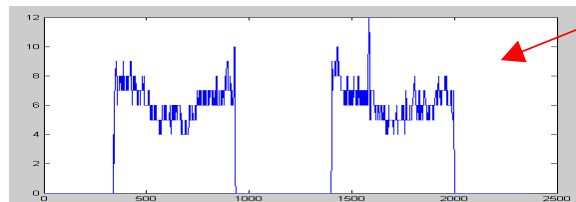
## VÝSTUPY KAMERY



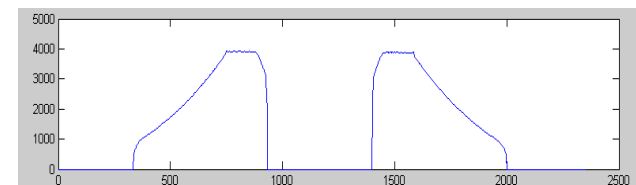
Intenzitní profil



Šířka stopy



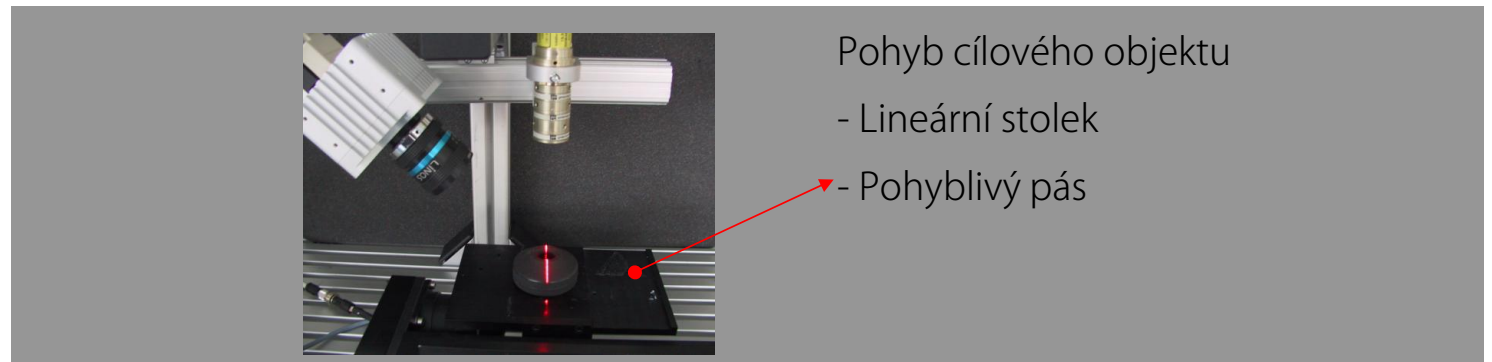
Výškový profil



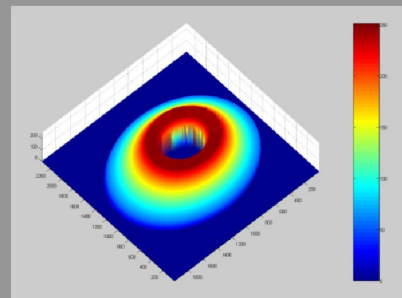


# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

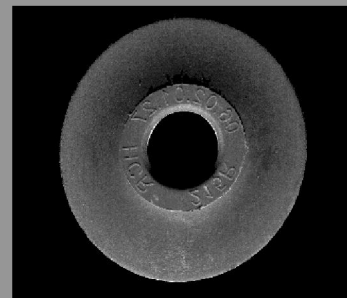
## VÝSTUPY KAMERY



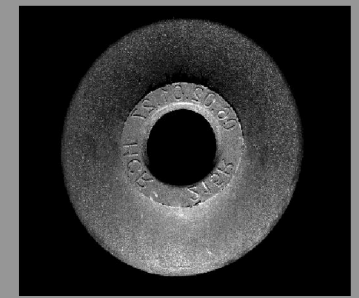
Výšková mapa



Mapa šířky stopy



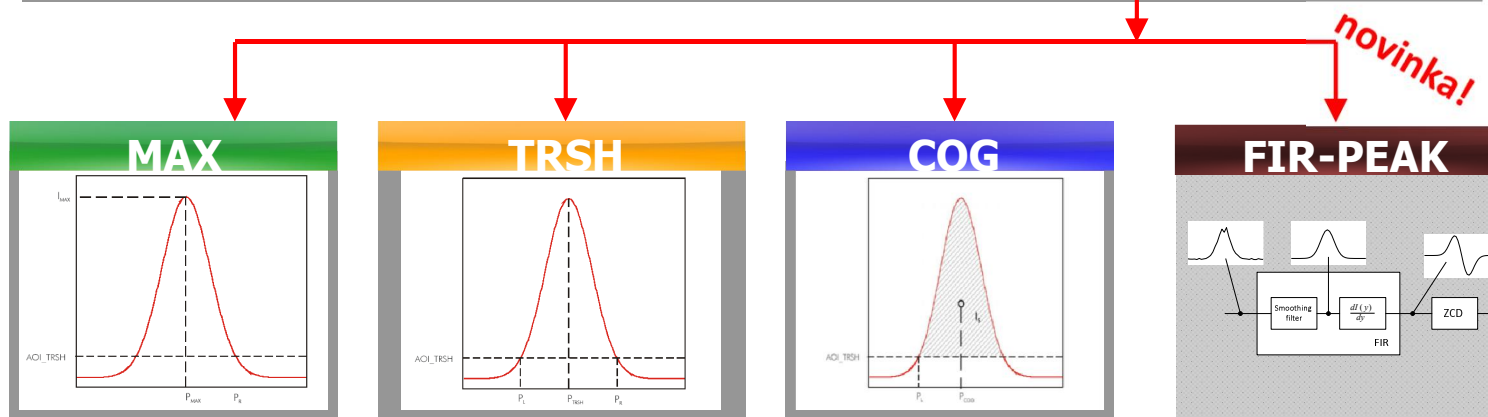
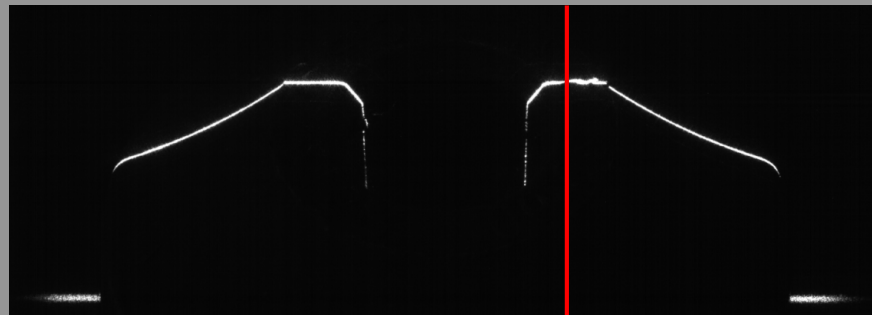
Mapa intenzity



# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

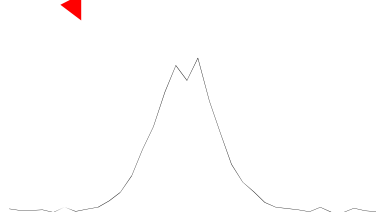
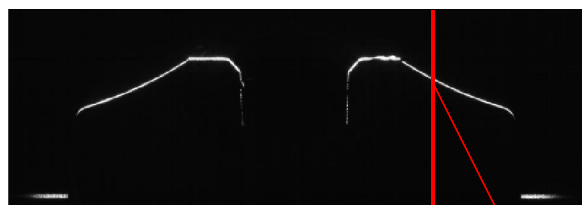
## MĚŘENÍ POLOHY LASEROVÉ STOPY

Detekce pozice laserové stopy v obraze pomocí algoritmů v FPGA:



# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## METODA MĚŘENÍ LASEROVÉ STOPY S POMOCÍ FIR-FILTRU



Průběh intenzity - surový

### FIR-Filter (Savitzky-Golay)

Výběr 5, 7 nebo 9 koeficientů

#### Vyhlazovací filtr

- Numerické průměrování
- Gaussovo průměrování

nebo

#### Diferenciální filtr

$$\frac{dI(y)}{dy}$$

Vyhlazený průběh intenzity



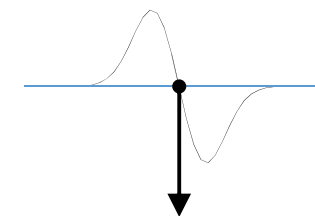
20% zvýšení přesnosti!

MAX

TRSH

COG

#### FIR-PEAK



Detekce průchodu nulou určuje pozici Gaussovy křivky s přesností 6ti subpixelů (1/64 pixelu)

# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## ROZLIŠENÍ A PŘESNOST MĚŘENÍ

Rozlišení/přesnost závisí na zvětšení a velikosti triangulačního úhlu  $\alpha$

Rozlišení na šířku:  **$dx = FOV / \text{pixelů na řádek}$**

Rozlišení na výšku:  **$dz = dx / \sin(\alpha)$**

Rozlišení na výšku při použití algoritmu COG (factor  $2^6 = 64$ ):  **$dz\_cog = dz / 64$**

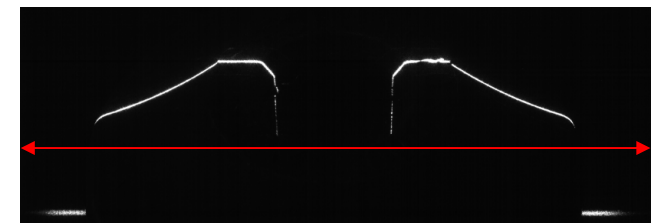
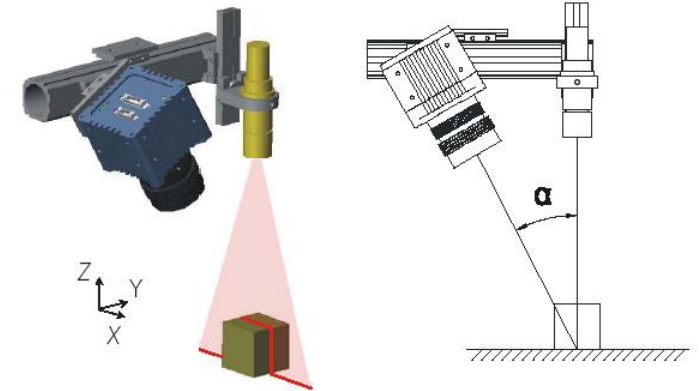
**Příklad s kamerou C4-2040-GigE a úhlem  $\alpha = 30^\circ$**

Zorné pole: 100 mm

$dx = 100 / 2048 = 49 \mu\text{m} / \text{pixel}$

$dz = 98 \mu\text{m} / \text{pixel}$

$dz\_cog = 1.5 \mu\text{m}$



# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## UNIKÁTNÍ FUNKCE A ROZŠÍŘENÍ

### AUTO-START

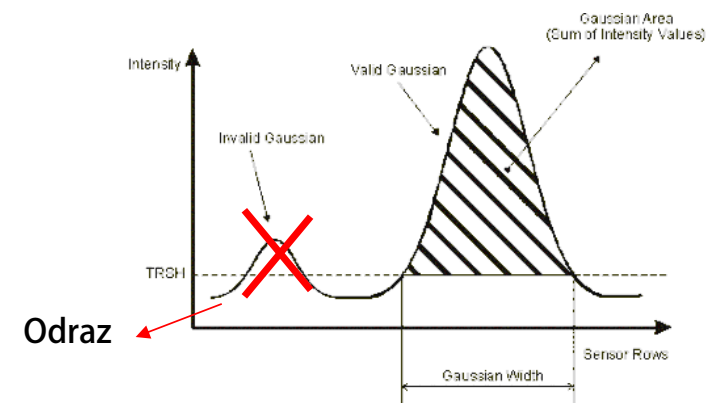
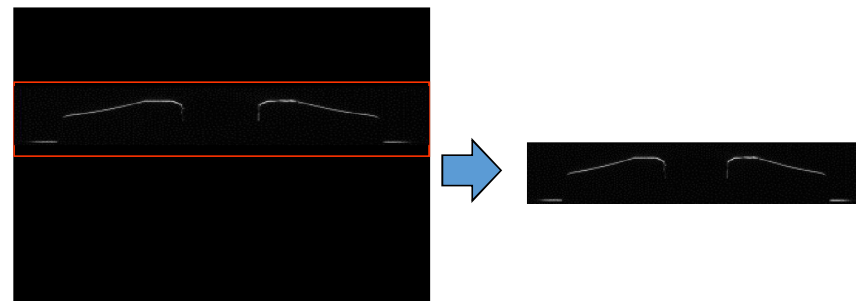
Snímání se spustí ve chvíli, kdy laserová čára dosáhne předem definované oblasti zájmu. Ukládání úseku dat před začátkem snímání je také možné (History Mode).

### AUTO-AOI SEARCH

Automatické nalezení stopy v zorném poli.

### POTLAČENÍ PARAZITNÍCH ODRAZŮ

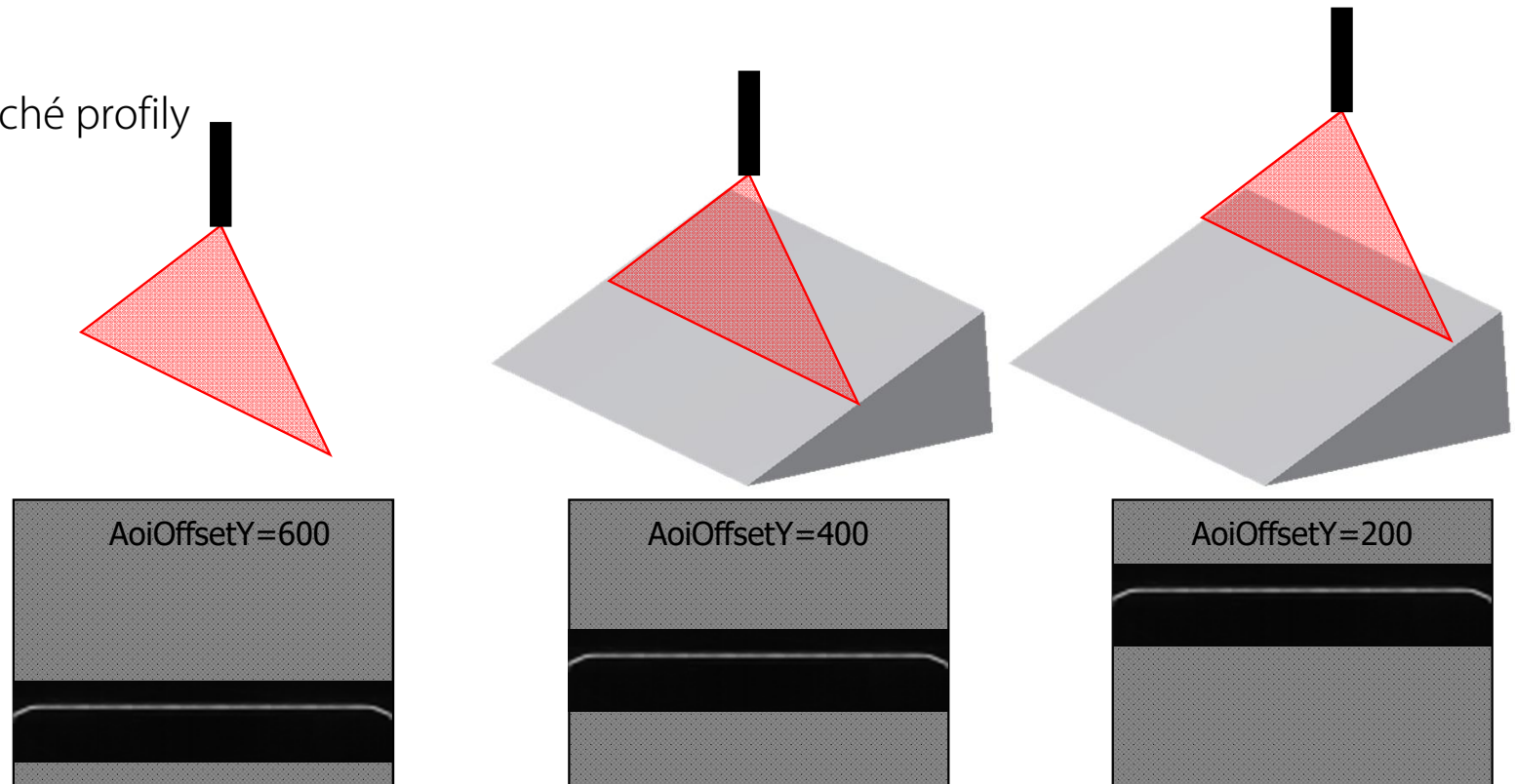
Pokročilé filtrování falešných odrazů laserové stopy u reflexních povrchů okolí.



# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## AUTO AOI - SLEDOVÁNÍ LASEROVÉ STOPY

- Kamera sleduje laserovou stopu a automaticky nastavuje pozici AOI
- Zvýšení rychlosti snímání
- Pouze pro dostatečně ploché profily

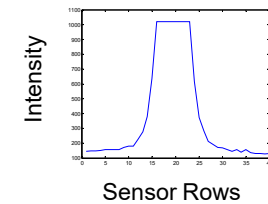
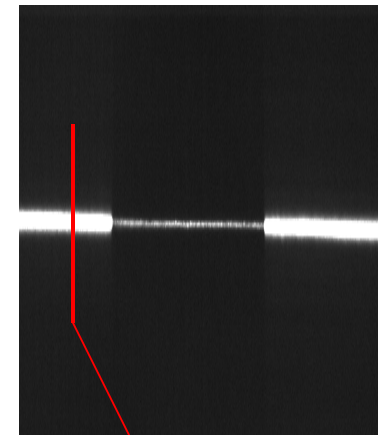
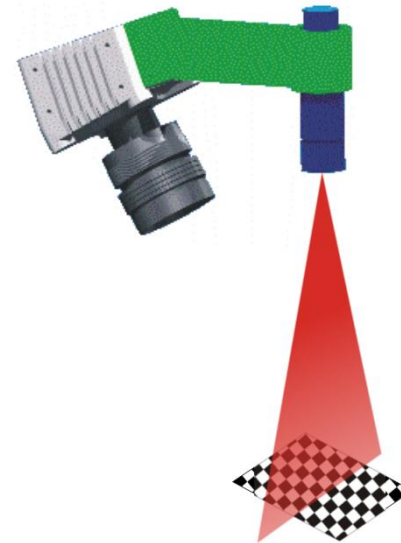




# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

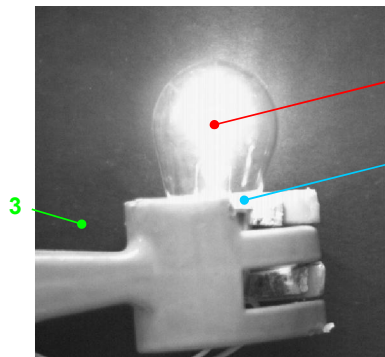
## PROBLÉM: SMÍNÁNÍ POVRCHŮ S RŮZNOU ODRAZIVOSTÍ

- Dochází k saturaci u jasných míst => snížená přesnost měření polohy stopy

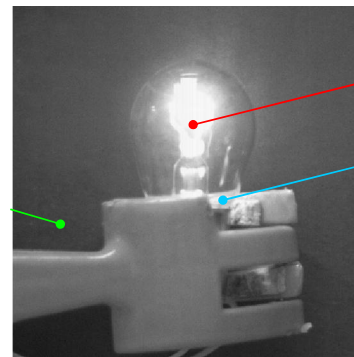


# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

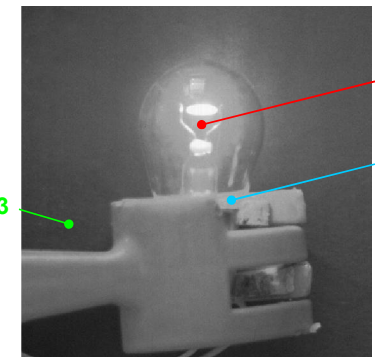
## Řešení I.: HDR-3D



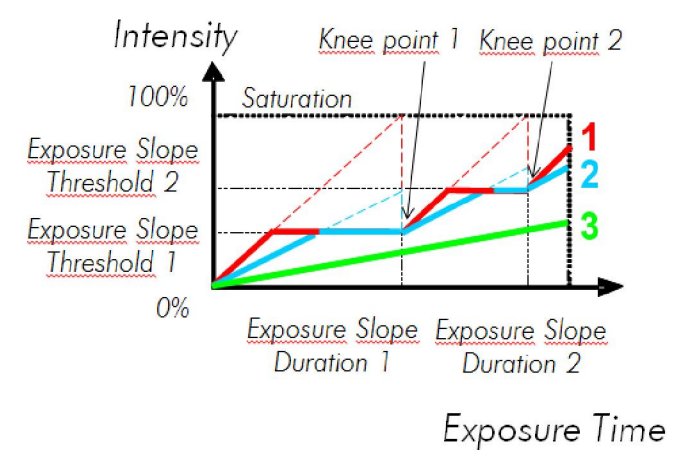
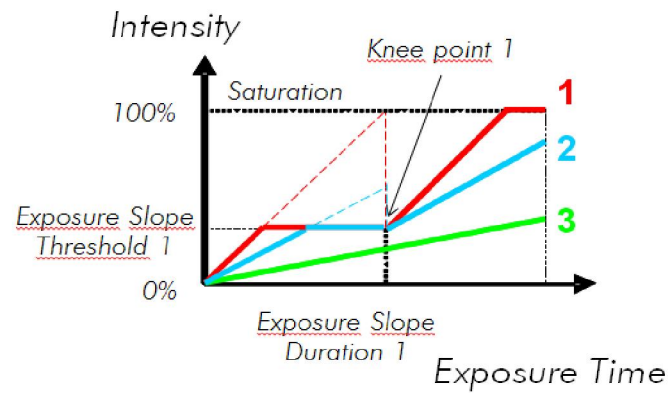
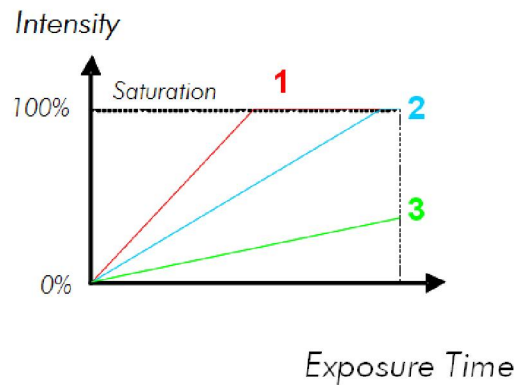
Single Slope Mode



Dual Slope Mode



Triple Slope Mode

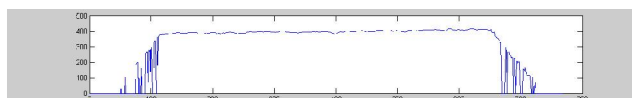


# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

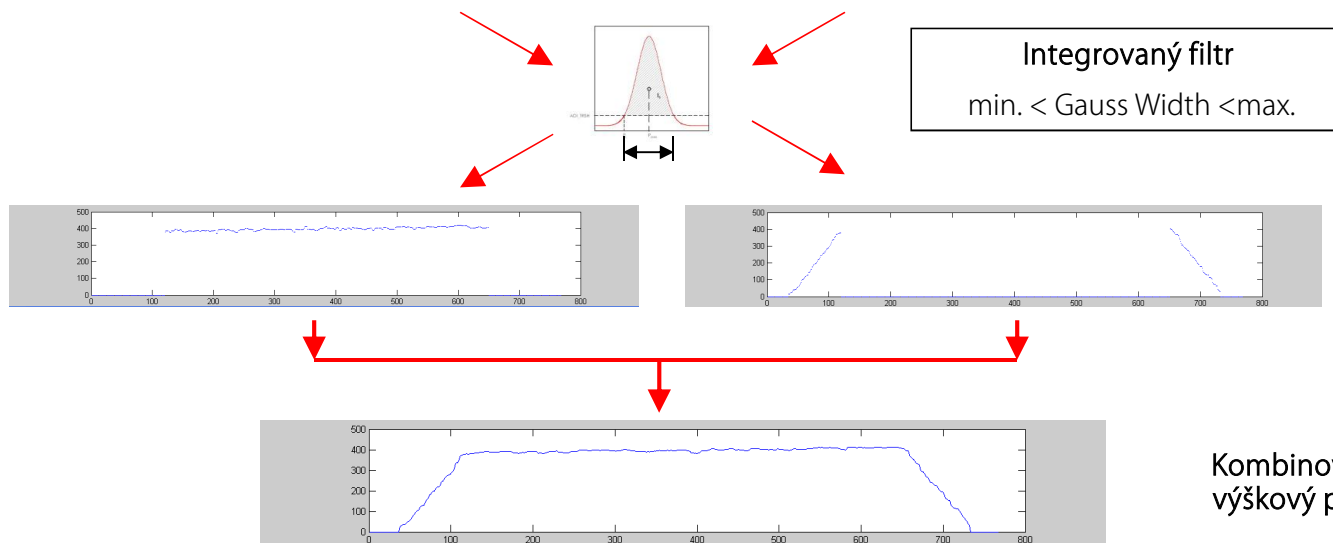
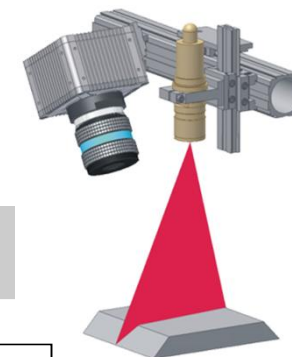
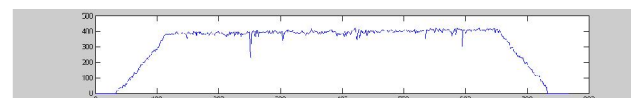
## Řešení II.: POUŽITÍ RŮZNÝCH EXPOZIC

### Vícenásobné vyčítání senzoru

Acquired Profile No. 1 with Exposure,  $t = 4\mu\text{s}$



Acquired Profile No. 2 with Exposure,  $t = 200\mu\text{s}$



# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## SÉRIE KAMER AUTOMATION TECHNOLOGY

### C2 SERIES



- Frekvence až 25 000 profilů/s
- Rozlišení až 2048 x 1088
- Algoritmy MAX, TRHS, COG, FIR-PEAK
- GigE Vision, GenICam
- Krytí IP67
- Nízká cena

### C4 SERIES



- **Frekvence až 71 500 profilů/s**
- Rozlišení až 4096 x 3072
- Algoritmy MAX, TRHS, COG, FIR-PEAK
- Technologie HDR-3D
- GigE Vision, GenICam

### C5 SERIES



- Frekvence až 25 000 profilů/s
- **Rozlišení až 4096 x 3072**
- Algoritmy MAX, TRHS, COG, FIR-PEAK
- Technologie HDR-3D
- GigE Vision, GenICam
- Krytí IP67

### C5-CS SERIES

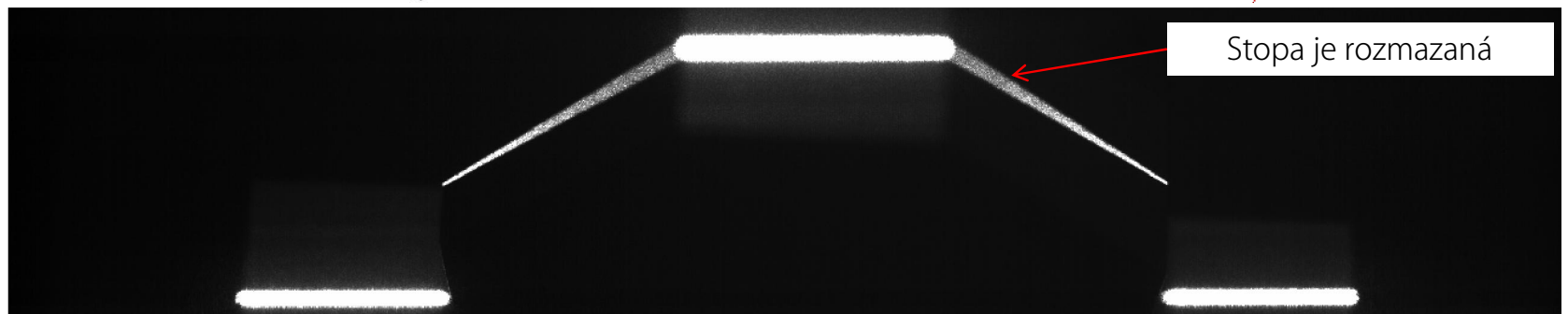
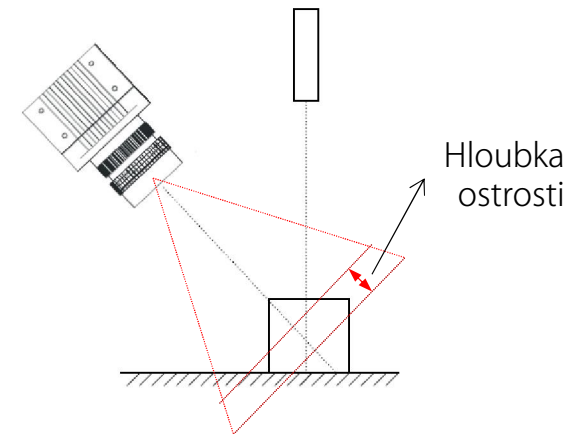
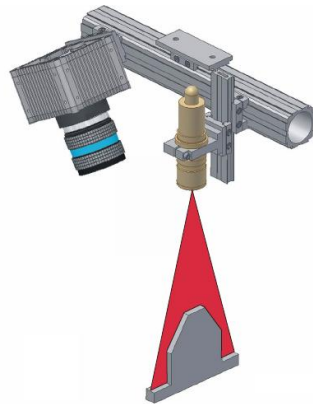


- Frekvence až 25 000 profilů/s
- **Rozlišení až 4096 x 3072**
- Algoritmy MAX, TRHS, COG, FIR-PEAK
- Technologie HDR-3D
- GigE Vision, GenICam
- Krytí IP67
- **Kalibrováno z výroby**

# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## OMEZENÁ HLOUBKA OSTROSTI OBJEKTIVU

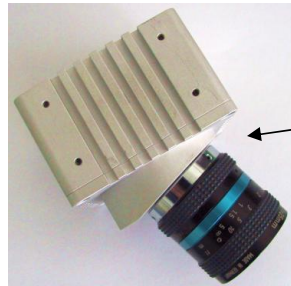
Obvyklý problém: Rovina ostrosti nesouhlasí s rovinou laserové čáry – pokud není dostatečná hloubka ostrosti, jsou různé části výškového profilu rozmazané



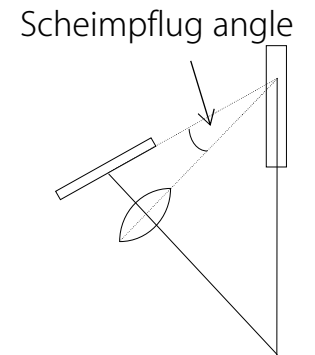
# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## Řešení: SCHEIMPFLUGŮV ADAPTÉR

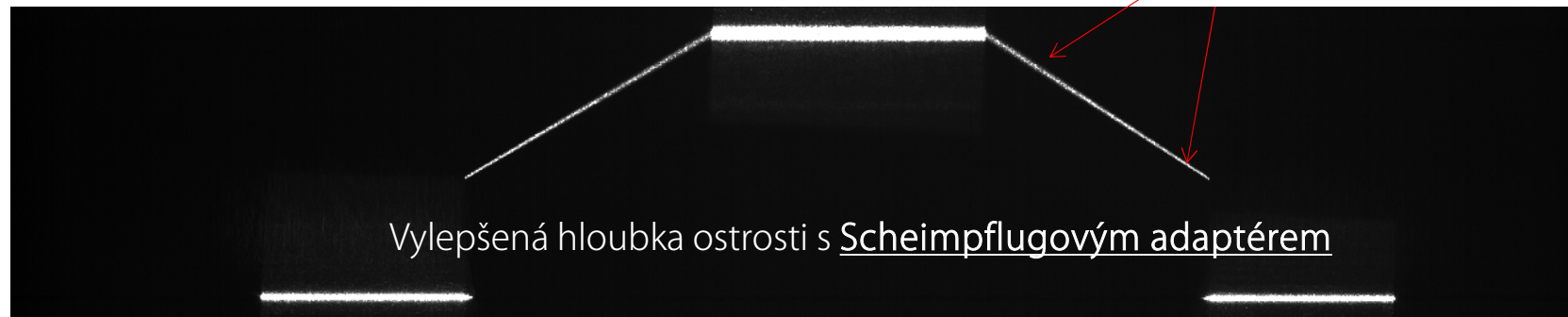
Pomocí Schneimpflugova adaptéru nakloníme rovinu ostrosti tak, aby souhlasila s rovinou laserové stopy.



Speciální adaptér na kameře nakloní objektiv vůči snímači => nakloní se i rovina ostrosti.



Homogenně zaostřená stopa

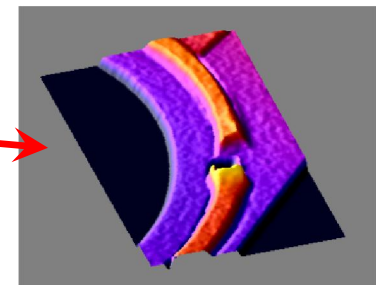
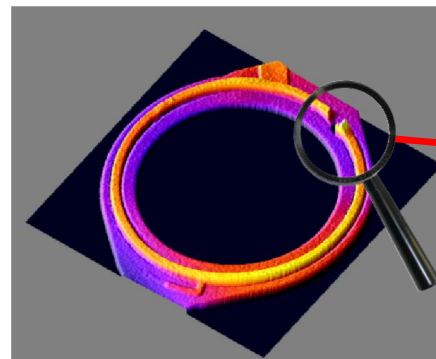
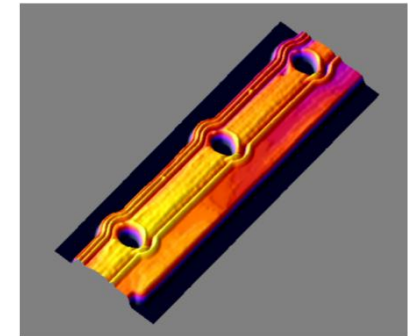
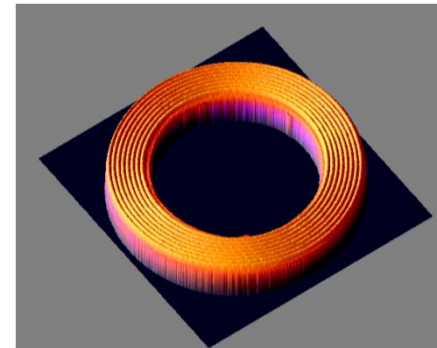
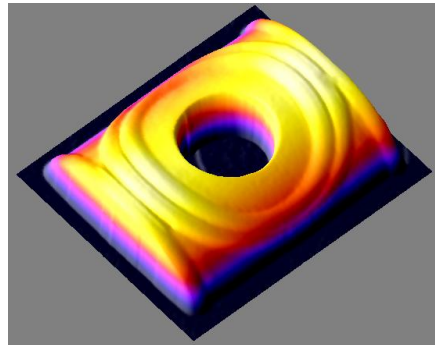
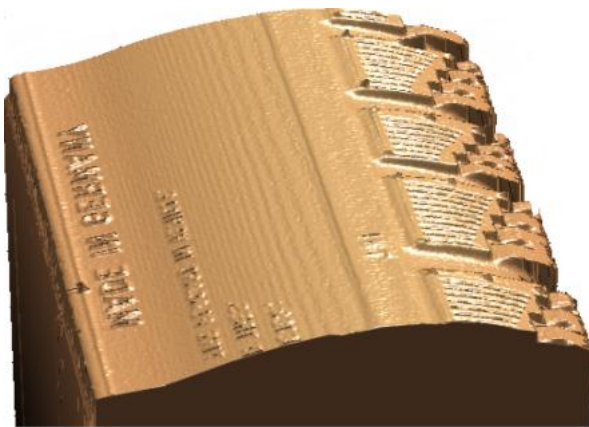




# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## GUMOVÉ ODLITKY, SILIKONOVÉ VÝROBKY

Těsnění, kroužky, pneumatiky



# 3D KAMERY S LASEROVOU TRIANGULACÍ

## MECHANICKÉ SOUČÁSTI

Písty, brzdové disky a destičky, ...

