

MEMS Inteligentné senzory a aktuátory

Ing. Richard Balogh

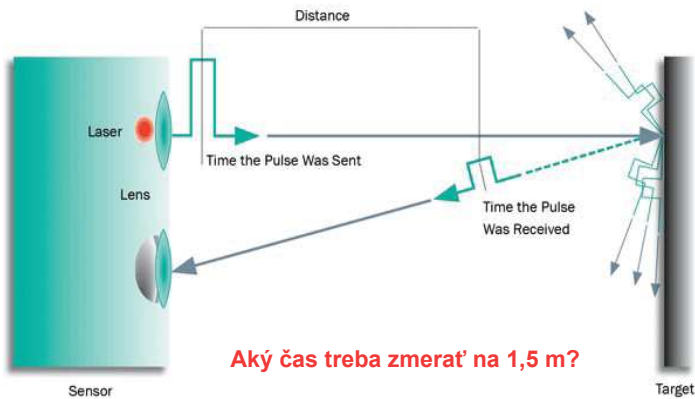
Optické senzory polohy II.

7. 4. 2020



6.2. Optické princípy Laserové systémy

Time-of-flight



Aký čas treba zmerať na 1,5 m?

6.2. Optické princípy Laserové systémy

Rádiolokačný princíp

- krátky svetelný impulz (laser)
- prijatie odrazeného impulzu - odmeranie času
- určenie vzdialenosti ako $d = c \cdot t/2$

Problémy

- precízne meranie času, 1 mm = 3,3 ps
 - veľmi rýchle fotodetektory
 - elektronika bez oneskorení
 - rýchle čítače s veľkým rozlíšením

Dosah je značný, desiatky až stovky metrov

6.2. Optické princípy Laserové systémy

Triangulačný princíp

(viď. predošlé)

Dosah je menší, rádovo metre

Snímanie v priestore

- vytvorenie polohovacieho (súradného) systému (uhly)
- zmeranie vzdialeností jednotlivých bodov v tomto priestore (systéme) (rádiolokačne)

Súradný systém – väčšinou sférický, laser v počiatku (ϕ, θ, r)

Uhly sa získajú

- natáčaním lasera (pomalšie)
- rotujúcimi zrkadlami

Zrkadlá - až $10^4 - 10^5$ bodov/s.

6.2. Optické princípy Laserové systémy

Laserový snímač vzdialenosti
optoNCDT ILR 1030-8



- time-of-flight technology
- vzdialenosť objektu je odvodená od doby letu

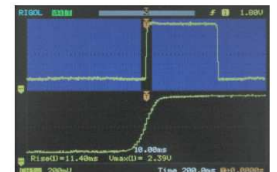
- Impulz dĺžky 5 ns sa opakuje s frekvenciou 250 kHz
- zdroj impulzu laserová dióda (Class 2)
- vlnová dĺžka 660 nm
- rozbíhavosť lúča 1 mrad

D = 100 cm	current
color	[mA]
white	6.62
yellow	6.62
red	6.62
green	6.61
blue	6.61
black	6.61
black frame	6.61
mirror	6.62

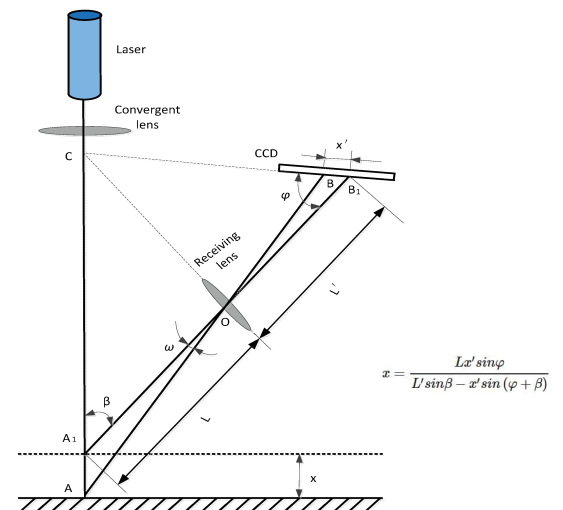
- analógový výstup 4-20 mA
- 278 Eur



Obr. 2. Rozsah merania snímača ILR 1030-8.



6.2. Optické princípy Laserové systémy



$$x = \frac{Lx' \sin \phi}{L' \sin \beta - x' \sin(\phi + \beta)}$$

6.2. Optické princípy Laserové systémy

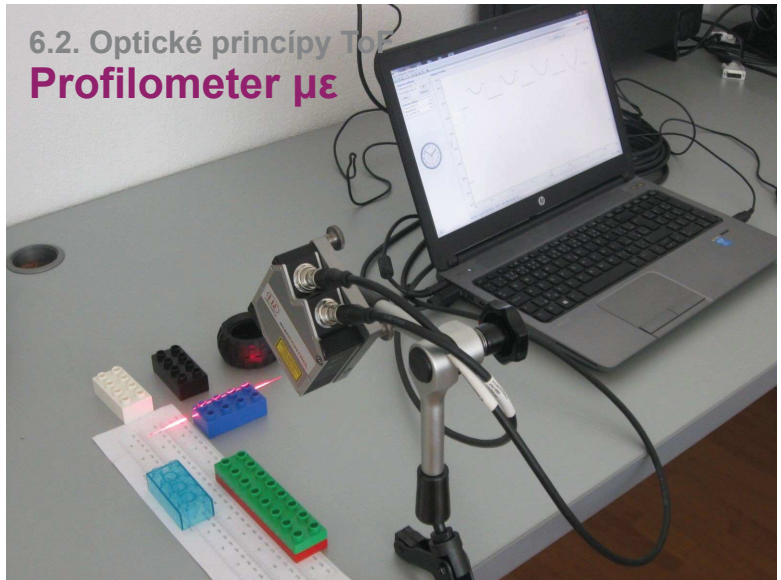
Triangulačný princíp / Štruktúrované svetlo v priestore

- na telesa sa namiesto bodu vytvorí sústava bodov v priamke - pásik (multiplexne)
- CCD snímač registruje tieto body - vzdialenosti

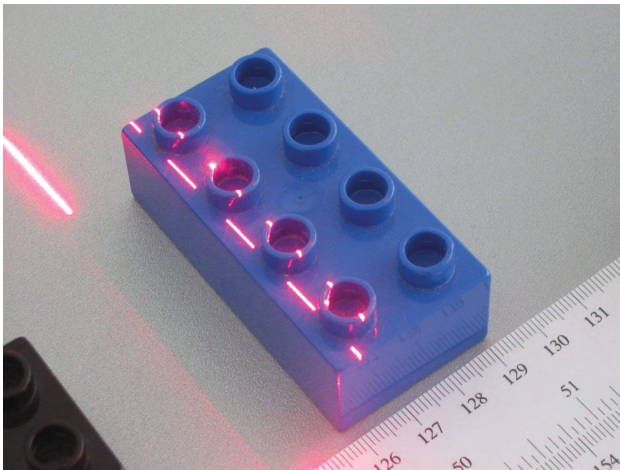
Poznámka:

CCD (lineárny s "natočením", alebo plošný) - je rýchlejší ako PSD

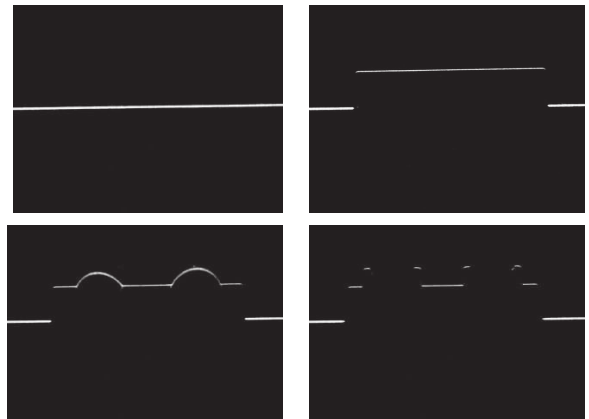
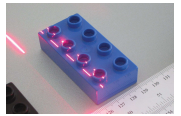
Spätné poskladanie informácií sa nazýva **rekonštrukcia**



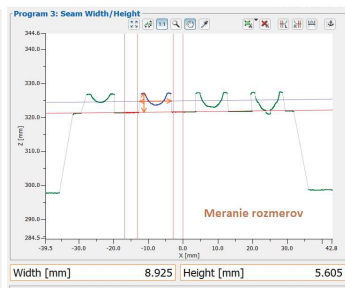
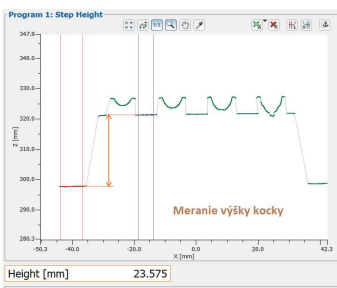
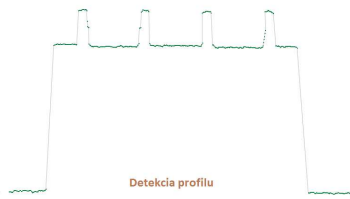
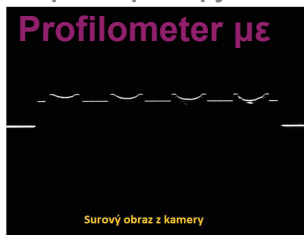
6.2. Optické princípy ToF Profilometer $\mu\epsilon$



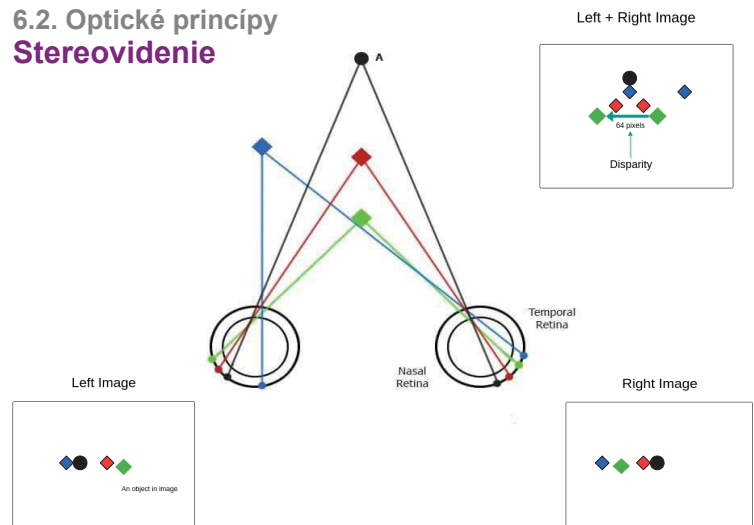
6.2. Optické princípy ToF Profilometer $\mu\epsilon$



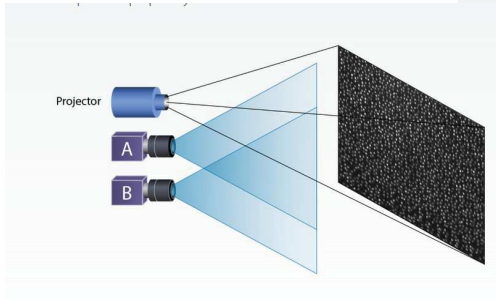
6.2. Optické princípy ToF Profilometer $\mu\epsilon$



6.2. Optické princípy Stereovidenie

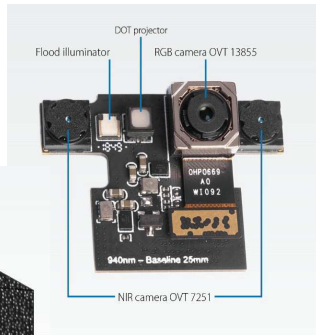


6.2. Optické princípy Stereovidenie - aktívne

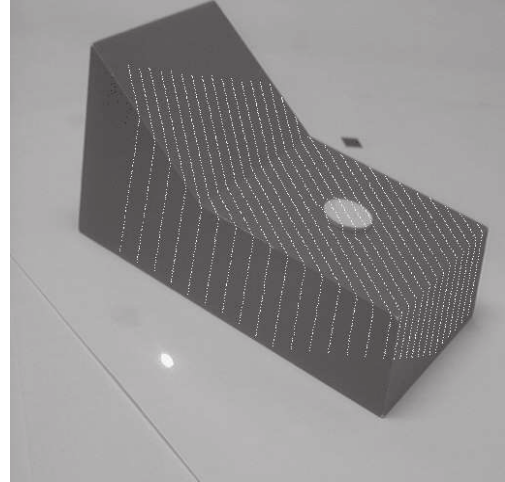


Premietanie bodov do obrazu zjednodušuje ich identifikáciu a párovanie

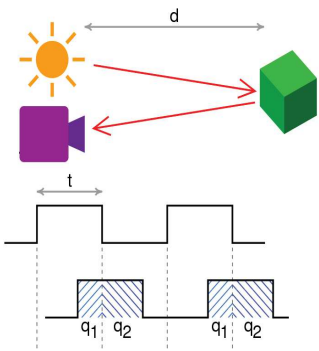
Source <https://ams.com/stereovision>



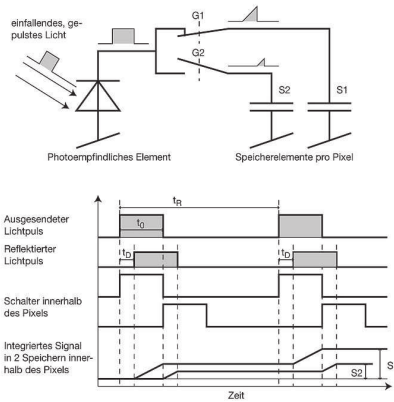
6.2. Optické princípy Stereovidenie - aktívne



6.2. Optické princípy Time of Flight camera



$$d = \frac{c \cdot t}{2} \frac{q_2}{q_1 + q_2}$$



6.2. Optické princípy ToF Depth camera (Kinect)

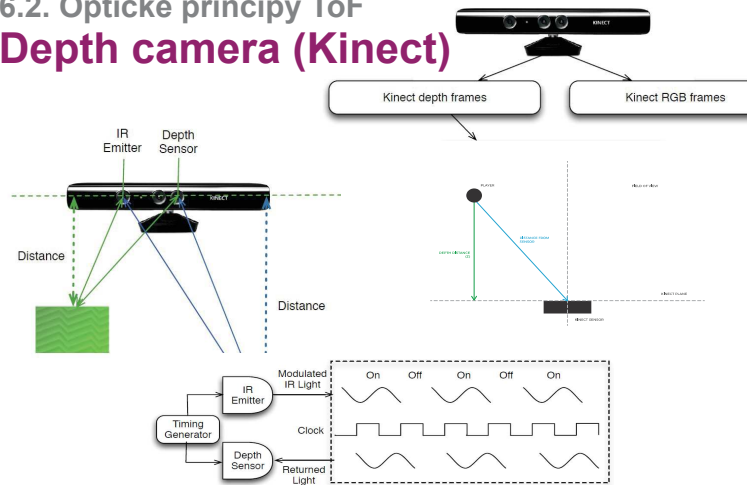
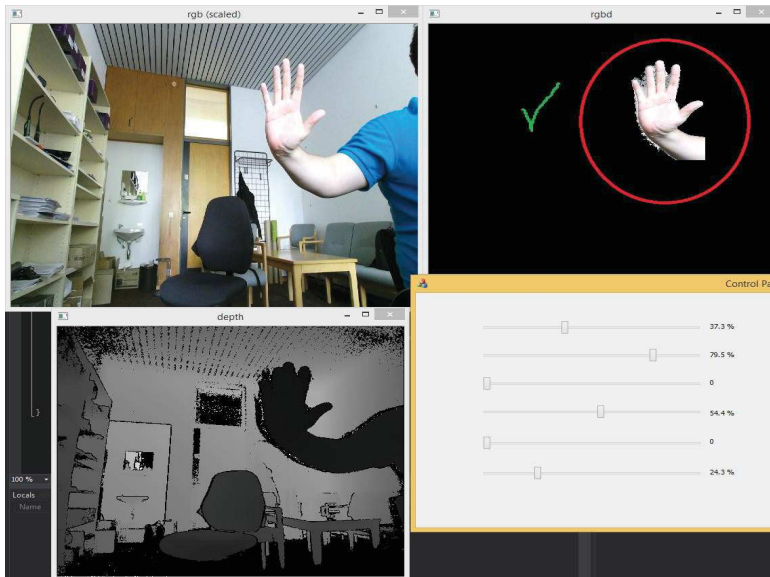
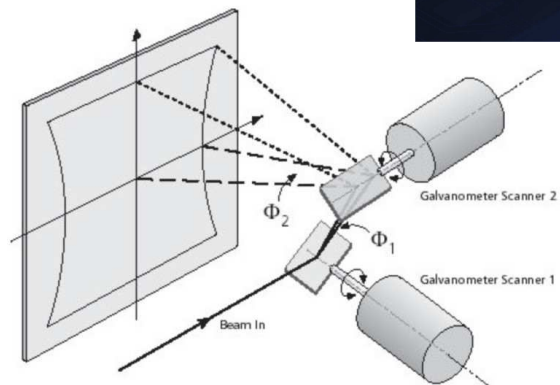
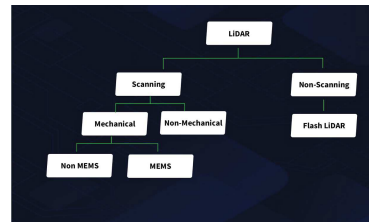
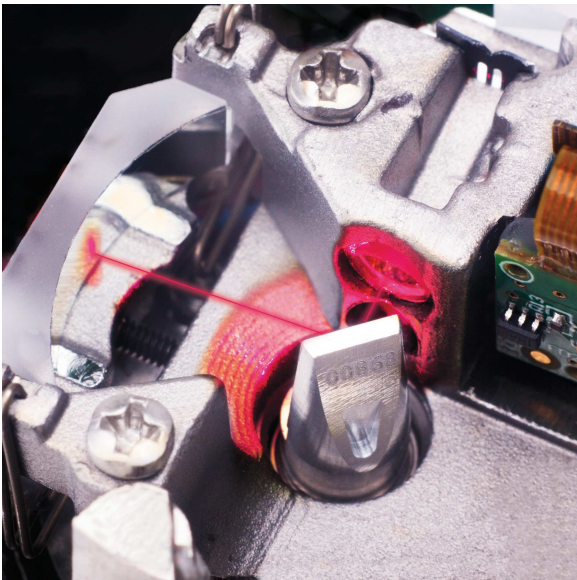


Fig. 3. Kinect v2 uses the time-of-flight method for depth sensing.

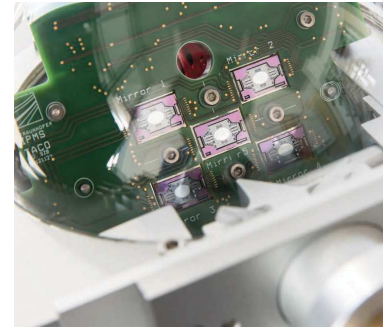
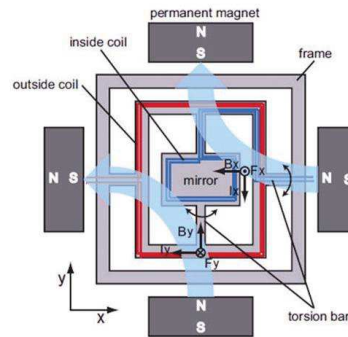


6.2. Optické princípy ToF LIDAR





6.2. Optické principy ToF MEMS LIDAR



6.2. Optické principy ToF Flash LIDAR

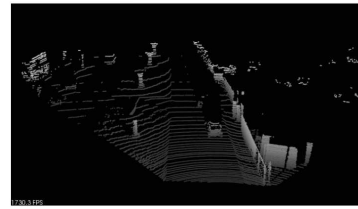
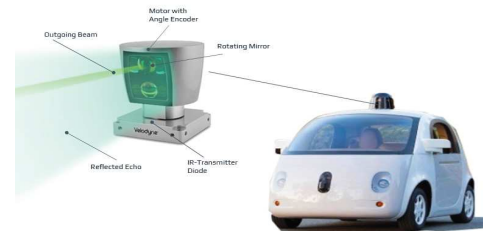
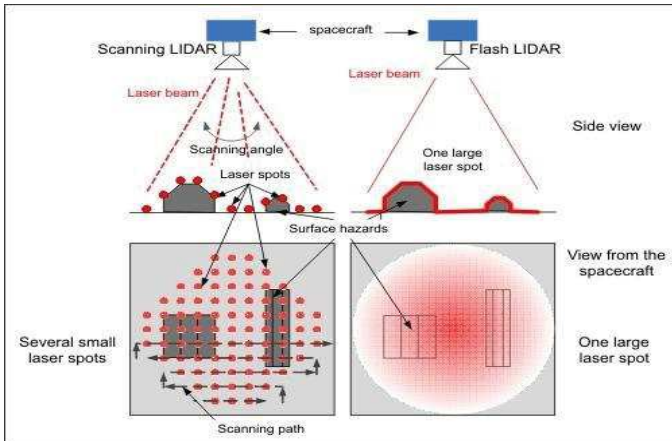
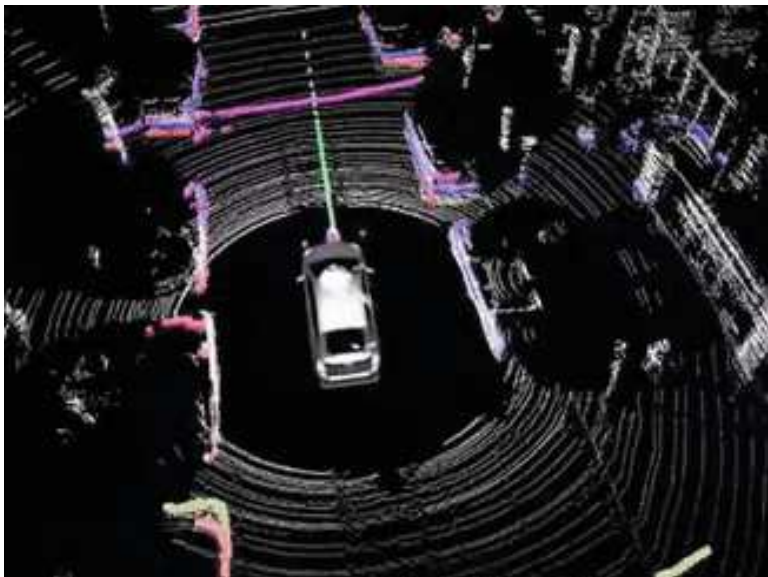


Figure 1: On the left is a LIDAR point cloud (only the data overlapped with the FOV of image are shown, grayscale by height). On the top right is the corresponding image capt by camera. On the bottom right is the result of image and LIDAR point cloud fusion (the well aligned tree trunks).



6.2. Optické principy Laserové systémy



Landscape / Buildings / Objects / Museums



Prehľad systémov

Time-of-flight	Active stereo	Structured patterns/dots	Parallel structured light
Low resolution Low accuracy	Trade-off reliability vs. resolution	Low resolution Low quality features	High resolution High accuracy High quality
Microsoft Sony PMD AMS/Heptagon Panasonic Odos/Rockwell Espros	Intel ZED Ensenso/IDS	Apple Qualcomm/Himax Mantis Vision Orbbec	Photoneo 
<i>Existing method</i>			<i>Photoneo</i>



<https://www.photoneo.com/videos3D/>

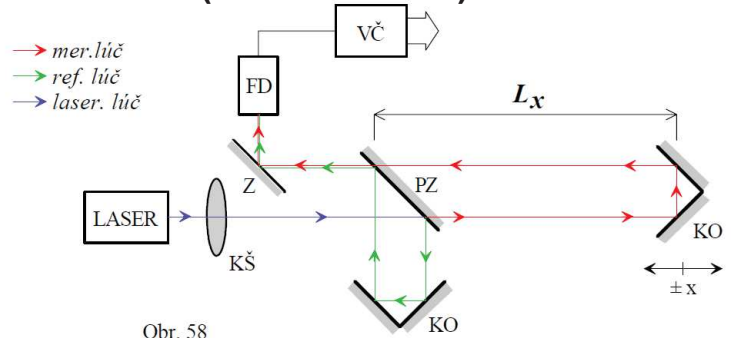


8. Snímače polohy

Podľa princípu

- optické
 - laserové
 - impulzné
- magnetické
 - magnetostrikčné
 - magnetické
 - LVDT
- ultrazvukové
- kapacitné

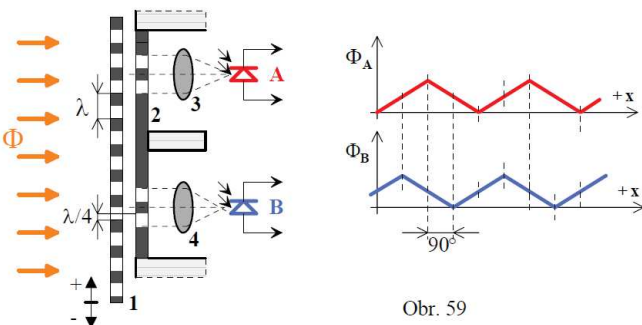
8.1. Optické snímače polohy Laserové (interferenčné)



Obr. 58

- interferencia merného a referenčného lúča
- rozlišovacia schopnosť až $\lambda/8$ (He-Ne 80 nm)

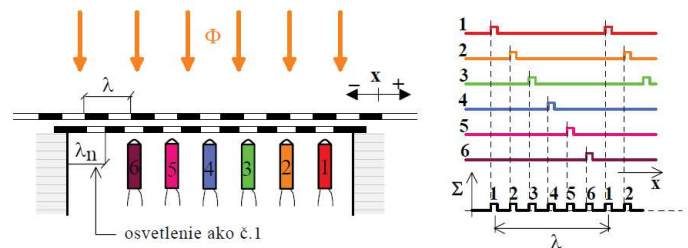
8.1. Optické snímače Impulzné snímanie polohy



Obr. 59

- 1 - pohyblivá mriežka
- 2 - pevné mriežky
- 3, 4 - šošovky
- A,B - fotodetektory
- Φ_A a Φ_B - svetelné toky na fotodetektoroch A, B

8.1. Optické snímače Impulzné snímanie polohy

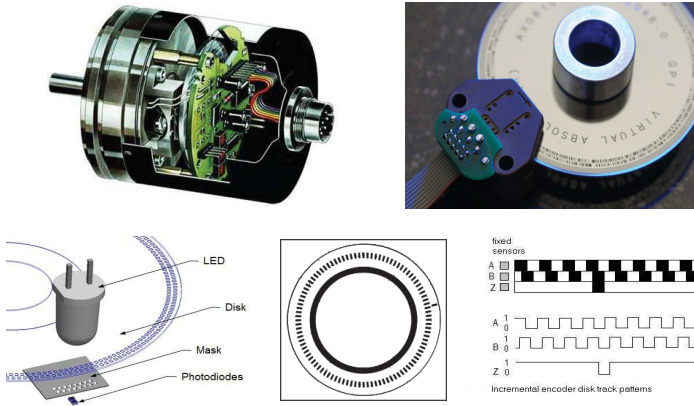


a.)

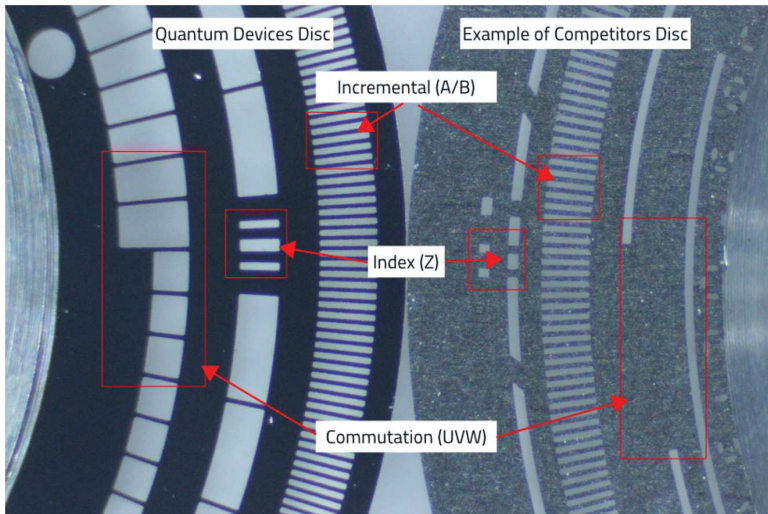
Obr. 60

b.)

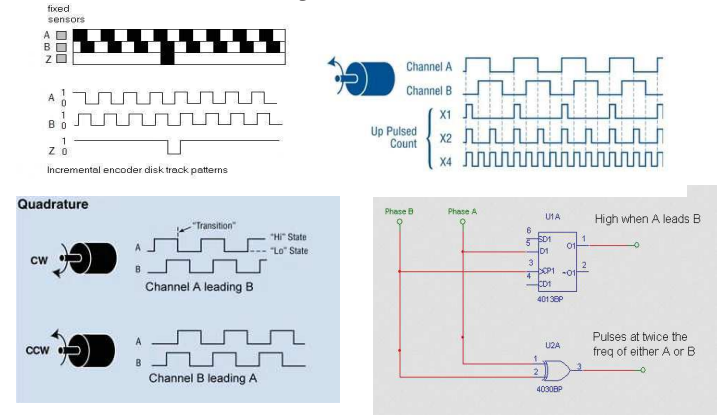
8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC incremental rotary encoder



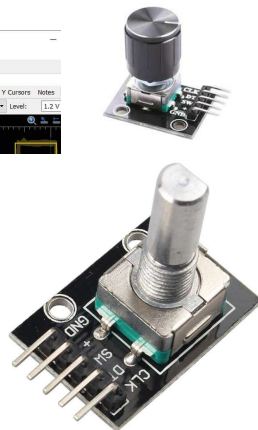
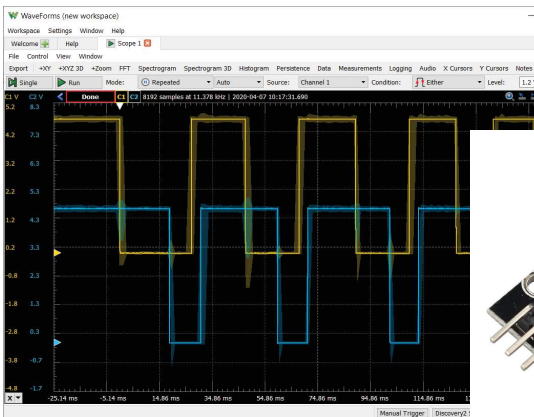
8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC encoder disc



8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC incremental rotary encoder



8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC live ukážka



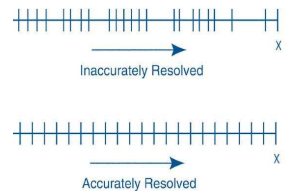
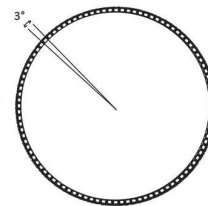
8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC incremental rotary encoder

How to Calculate Minimum Required Encoder Resolution:

Resolution (PPR) = $360^\circ / \text{Smallest Increment of Measurement Required}$

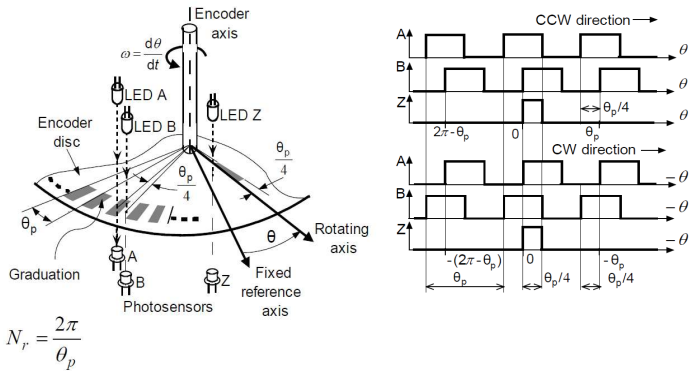
If 3° Required:

$$360^\circ / 3^\circ = 120 \text{ PPR}$$

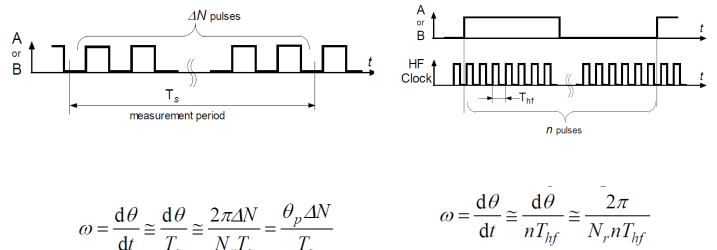


Example: high resolution does not always improve accuracy.

8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC incremental rotary encoder

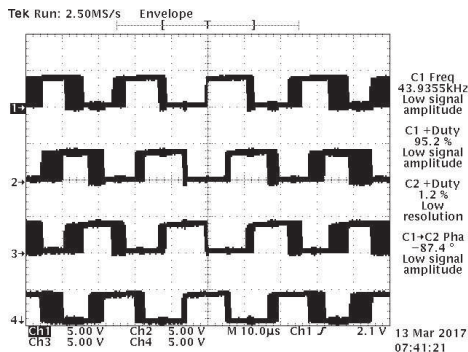


8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC incremental rotary encoder



Ioan Iov INCZE, Alin NEGREA, Maria IMECS, Csaba SZABÓ: Incremental Encoder Based Position and Speed Identification: Modeling and Simulation

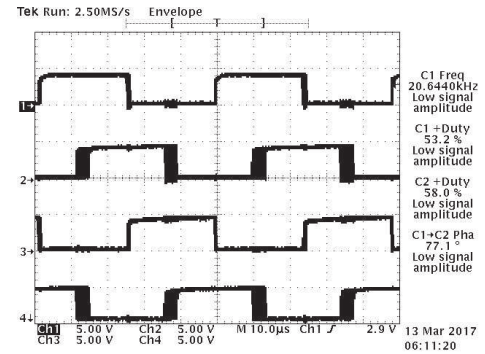
8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC



Široké hrany: pravdepodobne uvoľnený enkodérový kotúč

Source: https://www.dynapar.com/knowledge/encoder_issues/

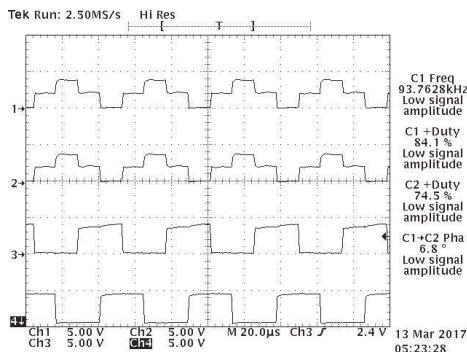
8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC



Kolísanie – signal jitter: pravdepodobne decentrovaný enkodérový kotúč

Source: https://www.dynapar.com/knowledge/encoder_issues/

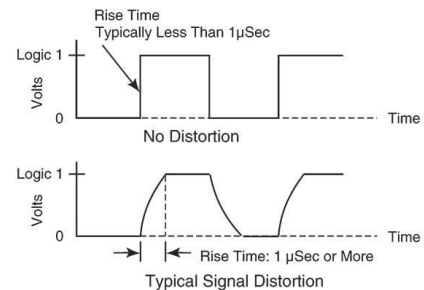
8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC



Schodíky: skrat medzi výstupmi A a B

Source: https://www.dynapar.com/knowledge/encoder_issues/

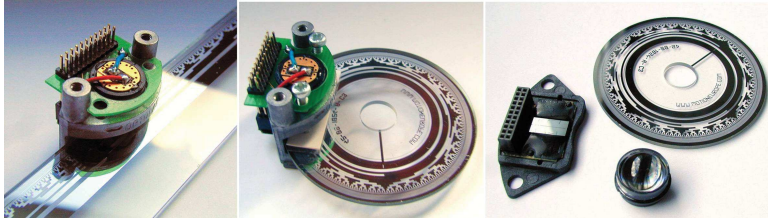
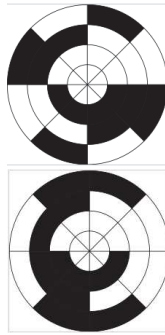
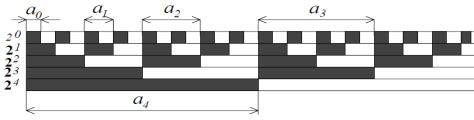
8.1. Optické snímače Inkrementálne snímače – IRC



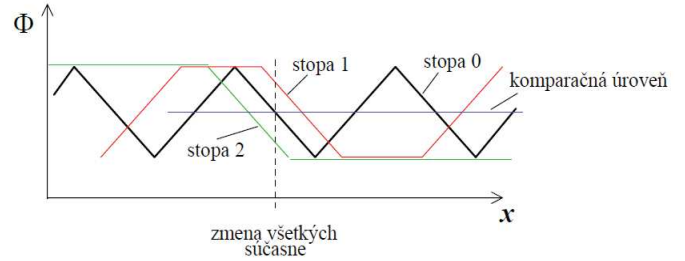
Žraločia plutva: príliš dlhé privody, nezapojený pull-up

Source: https://www.dynapar.com/knowledge/encoder_issues/

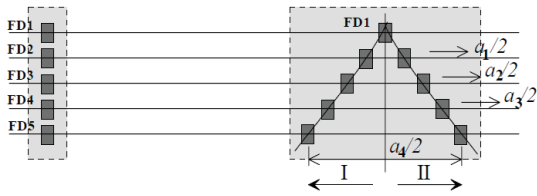
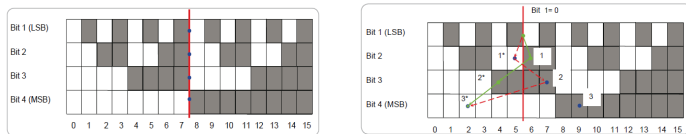
8.1. Optické snímače Absolútné snímače polohy



8.1. Optické snímače Impulzné snímanie polohy



8.1. Optické snímače Impulzné snímanie polohy

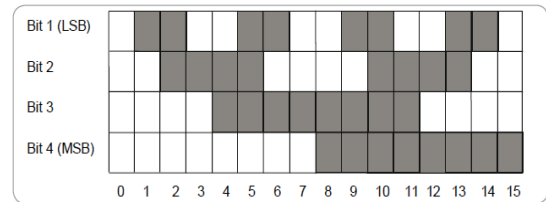


a.)

b.)

Obr. 63

8.1. Optické snímače Impulzné snímanie polohy



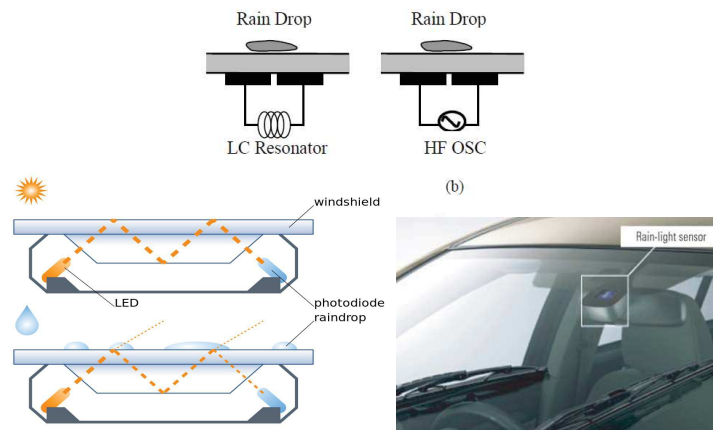
Obr. 19 Grayov kód

8.1. Optické snímače Inkrementálne vs. absolútné

Table 1: Comparison of incremental versus absolute encoders

	Incremental		Absolute
	Single-channel	Quadrature	
Complexity	Simpler		More Complex
Output	Speed, displacement	Velocity and direction	Velocity and absolute position
Needs homing on startup?	Yes		No
Resolution	Up to 10k PPR (direct read)		Up to 22-bit (ST) / 12-bit (MT)
Communication via protocol?	No	No	Yes
Cost	Generally lower		Generally higher

8.5. Optické snímače špeciálne Snímač dažďa



8.5. Optické snímače špeciálne Snímač dažďa

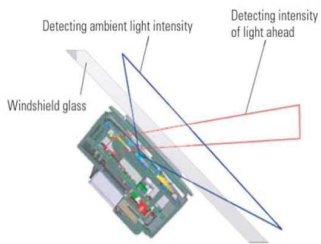


Fig. 5 Outline of light detection

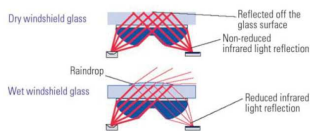


Fig. 6 Outline of raindrop detection

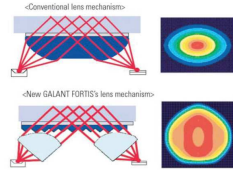


Fig. 7 Optimized lens shape

Kato, Shinichi, and Toshinori Yagi. Development of a Rain-Light Sensor. Technical Review 20 (2008).

8.5. Optické snímače špeciálne Snímač dažďa

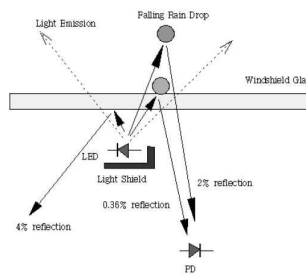
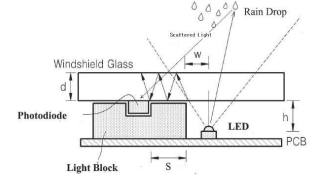


Figure 2. Reflection of light by various matters



Choi, K. N. (2011). Omni-directional rain sensor utilizing scattered light reflection by water particle on automotive windshield glass. 2011 IEEE SENSORS Proceedings. doi:10.1109/icsens.2011.6126954

8.5. Optické snímače špeciálne Snímač dažďa

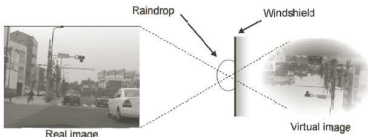
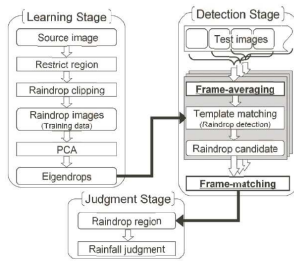
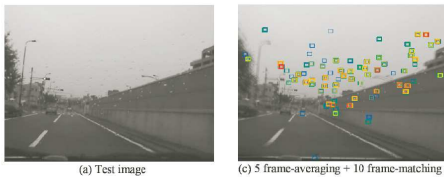


Figure 1. Image features of a raindrop.



The flow for rainfall recognition.



H. Kurihata et al., "Raindrop Detection from In-Vehicle Video Camera Images for Rainfall Judgment," First International Conference on Innovative Computing, Information and Control - Volume I (ICIC'06), Beijing, 2006, pp. 544-547.

